

## 明細書

## マルチキャリア送信装置、マルチキャリア受信装置及びマルチキャリア通信方法

5

## 技術分野

本発明は、特にモジュレーションダイバーシチ技術を用いたマルチキャリア送信装置、マルチキャリア受信装置及びマルチキャリア通信方法に関する。

## 10 背景技術

近年、O F D M(Orthogonal Frequency Division Multiplexing)方式を用いたマルチキャリア通信装置が、マルチパスやフェージングに強く高品質通信が可能なため、高速無線伝送を実現できる装置として注目されている。さらにマルチキャリア通信に、モジュレーションダイバーシチ変復調と呼ばれる技術を適用することにより、さらに通信品質を向上させることが提案されている。

従来のマルチキャリア通信装置におけるモジュレーションダイバーシチ変復調に関しては、例えば文献「3 G P P T S G R A N W G 1 # 3 1 R 1 - 0 3 0 1 5 6 “Modulation diversity for OFDM”」に記載されている。

20 このモジュレーションダイバーシチ変復調について、図1を用いて簡単に説明する。図1では、一例として変調方式としてQ P S K(Quadrature Phase Shift Keying)を行う場合を示している。送信機は、図1の(a)に示すように、先ずI Q平面にマッピングされたシンボルの位相を所定角度だけ回転させる。次に送信機は、I c h、Q c h用の別々の一様又はランダムインターリーバを用いて、I c h成分、Q c h成分をインターリープする。これにより逆フーリエ変換(I F F T)後の信号は、図1の(b)に示すように、インターリープ前のシンボルのI c h成分とQ c h成分が異なるサブキャリアに割り当てら

れたものとなる。図1の(b)の場合には、Ich成分がサブキャリアBに割り当てられ、Qch成分がサブキャリアAに割り当てられている。

受信機は、先ず高速フーリエ変換(FFT)を行うことにより、サブキャリアに重畠されたIch成分及びQch成分を抽出する。次にデインターリープ5を行うことにより、Ich、Qchを元の配列に戻す。そして元に戻したIch及びQchのコンスタレーションに基づいてデマッピング処理を行うことにより、受信データを得る。

ここでサブキャリアAは回線状態が良く、サブキャリアBは回線状態が悪いとすると、図1の(c)に示すように、Qch方向に引っ張られたコンスタレーションとなる。これにより、コンスタレーションでの信号点距離を比較的遠くに保つことができるようになるので、デマッピングの際にパケット内のビットを平均的に正しく復元できるようになる。このように、モジュレーションダイバーシチ変復調は、マルチパスフェージングによって各サブキャリアにフェージング変動が生じた場合でも、サブキャリア方向にS/NR(Signal-to-Noise Ratio)を分散させて補正を行うのと同様の効果を得ることができる。この結果、変調シンボルが恰もAWGN(Additive White Gaussian Noise)通信路を伝送したかのような変動を受けるようになるので、ダイバーシチゲインを得ることができる。

図2にモジュレーションダイバーシチ送信処理を行うマルチキャリア送信装置10と、その信号を受信復調するマルチキャリア受信装置20の構成を示す。

マルチキャリア送信装置10は、モジュレーションダイバーシチ変調部11を有し、送信データをモジュレーションダイバーシチ変調部11のマッピング部12に入力する。マッピング部12はBPSK(Binariphase Phase Shift Keying)や、QPSK(Quadrature Phase Shift Keying)、16QAM(Quadrature Amplitude Modulation)等の変調方式に応じて、送信データをIQ平面にマッピングする。

マッピング後のシンボルは、位相回転部 13において、図1の(a)に示したように、所定角度だけ位相が回転される。位相が回転されたシンボルは、IQ分離部 14によってIch成分とQch成分に分離され、Ich成分又はQch成分の一方がインターリーバ16に送出されると共に他方がIQ合成部 15に送出される。インターリーバ16によって予め決められたインターリーブパターンでインターリーブされたIch成分又はQch成分は、IQ合成部 15に送出される。

IQ合成部 15は、Ich成分とQch成分を合成することによりコンステレーションに戻す。これにより、モジュレーションダイバーシチ変調シンボル 10が得られる。モジュレーションダイバーシチ変調シンボルはシリアルパラレル変換部(S/P) 17及び逆高速フーリエ変換部(IFT)により所定のサブキャリアに重畠される。つまり、シリアルパラレル変換部(S/P) 17及び逆高速フーリエ変換部(IFT) 18は、モジュレーションダイバーシチ変調シンボルを互いに直交する複数のサブキャリアのいずれかに割り当て、15モジュレーションダイバーシチ変調シンボルによって各サブキャリアを順次変調する。

このようにマルチキャリア送信装置10においては、インターリーバ16によってI成分又はQ成分のいずれか一方にインターリーブ処理を行っているので、I成分又はQ成分のいずれか一方の成分はあるサブキャリアに固定されるが、他方の成分はインターリーブパターンに応じて配置されるサブキャリアが変化するようになる。IFT処理後の信号は、無線送信部19によってアナログディジタル変換処理やアップコンバート等の無線送信処理が施された後、アンテナを通して送信される。

マルチキャリア送信装置10から送信された信号を受信復調するマルチキャリア受信装置20は、モジュレーションダイバーシチ復調部21を有する。マルチキャリア受信装置20は、アンテナで受信した無線信号に対して無線受信部22によってダウンコンバートやアナログディジタル変換処理等の無線

受信処理を施した後、高速フーリエ変換部（FFT）23に送出する。FFT部23は各サブキャリアに重畳されたモジュレーションダイバーシチ変調シンボルを抽出する。この各サブキャリアに重畳されたモジュレーションダイバーシチ変調シンボルはパラレルシリアル変換部（P/S）24を通してモジュ

5 レーションダイバーシチ復調部21のIQ分離部25に送出される。

IQ分離部25は、各シンボルをI成分とQ成分に分離する。そしてIQ分離部25は、分離した成分のうち送信側でインターリープされなかつた方の成分をそのままIQ合成部26に送出すると共に、送信側でインターリープされた方の成分をデインターリーバ27に送出する。デインターリーバ27は、イ

10 ンターリーバ16と逆の処理を行うことにより、インターリープされた成分を元の配列に戻し、これをIQ合成部26に送出する。この結果、IQ合成部では、合成結果として元のI成分とQ成分の対からなるシンボルが得られる。

位相回転部28は、合成後のシンボルの位相を、送信側の位相回転部13と同じ角度だけ逆方向に回転させる。デマッピング部29は位相回転後のシンボ

15 ルのコンスタレーションに応じた受信データを出力する。

ところで、上述したようにOFDM方式にモジュレーションダイバーシチ変復調を適用すれば、変調シンボルのI成分とQ成分を異なるサブキャリアに配置して伝送できるようになるため、伝送時の周波数選択性フェージングによりあるサブキャリアの回線状態が悪い場合でも、I成分又はQ成分のどちらか一方が配置されたサブキャリアの回線状態が良ければ、正しい受信データを得ることができるようにになる。この結果、受信データの誤り率特性を向上させることができる。

ところが、従来のモジュレーションダイバーシチ変復調においては、予め決められたインターリープパターンのインターリーバを用いているので、周波数

25 選択性フェージングの影響により、送信シンボルのIch成分とQch成分の受信感度は無相関で変動することになる。このため、Ichが割り当てられたサブキャリアとQchが割り当てられたサブキャリアの両方の回線状態が良

くなる場合がある。またそれとは逆に、I·c·hが割り当てられたサブキャリアとQ·c·hが割り当てられたサブキャリアの両方の回線状態が悪くなる場合がある。この結果、効果的なダイバーシチゲインが得られず、誤り率特性が低下するおそれがあった。

5

### 発明の開示

本発明の目的は、モジュレーションダイバーシチ技術を用いる場合に、一段と誤り率特性を向上させることができるマルチキャリア送信装置、マルチキャリア受信装置及びマルチキャリア通信方法を提供することである。

10 この目的は、モジュレーションダイバーシチ変復調を行う場合に、各サブキャリアの回線品質に応じて適応的にモジュレーションダイバーシチ変復調のインターリーブパターン及びデインターリーブパターンを変えることにより達成される。

### 15 図面の簡単な説明

図1は、モジュレーションダイバーシチ変復調の原理の説明に供する図；

図2は、従来のモジュレーションダイバーシチ変復調を実現するためのマルチキャリア送信装置及びマルチキャリア受信装置の構成を示すプロック図；

20 図3は、本発明の実施の形態1に係るマルチキャリア送信装置及びマルチキャリア受信装置の構成を示すプロック図；

図4は、実施の形態におけるマルチキャリア送受信装置間での制御情報及びデータのやり取りを示すタイミングチャート；

図5Aは、各サブキャリアの伝搬路変動（スケーリング係数）の様子を示す図；

25 図5Bは、各サブキャリアが図5Aのように変動した場合の、実施の形態のマルチキャリア送信装置の動作の説明に供する図；

図6は、BPSK変調後の信号点を45°位相回転した場合の信号点位置を

示す図；

図7は、実施の形態1により得られるモジュレーションダイバーシチ変調シンボルのデマッピング前の信号点位置を示す図；

図8は、従来のモジュレーションダイバーシチ変復調と実施の形態のモジュ5 レーションダイバーシチ変復調との平均誤り率を比較した特性曲線図；

図9は、実施の形態2に係るマルチキャリア送信装置及びマルチキャリア受信装置の構成を示すブロック図；

図10は、実施の形態2のインターリーブパターン設定部の構成を示すブロック図；

10 図11は、実施の形態3に係るマルチキャリア送信装置及びマルチキャリア受信装置の構成を示すブロック図；

図12は、実施の形態3のインターリーブパターン設定部の構成を示すブロック図；

図13Aは、サブキャリア毎のS N R値を示す図；

15 図13Bは、実施の形態4のフィードバック情報の一例を示す図；

図14Aは、サブキャリア毎のS N R値を示す図；

図14Bは、実施の形態4のフィードバック情報の一例を示す図；

図15Aは、サブキャリア毎のS N R値を示す図；

図15Bは、実施の形態4のフィードバック情報の一例を示す図；

20 図16Aは、サブキャリア毎のS N R値を示す図；

図16Bは、フィードバック情報1としての回線状態の良い順のサブキャリア番号を示す図；

図16Cは、フィードバック情報2としての回線状態の悪い順のサブキャリア番号を示す図；

25 図16Dは、フィードバック情報として送らないサブキャリア番号を示す図；

図17は、実施の形態4における、回線品質が高品質、中程度、低品質のサ

ブキャリアに対するインターリープの仕方の説明に供する図；

図18は、回線品質をクラス分けする際の閾値の設定の仕方の説明に供する図；

図19は、ドップラー周波数と、フィードバック情報の送信頻度と、インターリープ方法の切り替えとの関係の説明に供する図；

図20は、実施の形態5のマルチキャリア送信装置及びマルチキャリア受信装置の構成を示すプロック図；

図21は、実施の形態5のマルチキャリア送信装置の動作の説明に供する図；

図22は、実施の形態5のマルチキャリア受信装置により得られる受信コンスタレーションを示す図；

及び

図23は、実施の形態5において他の構成を適用した場合の動作の説明に供する図である。

15

発明を実施するための最良の形態

以下、本発明の実施形態について、添付図面を参照して詳細に説明する。

(実施の形態1)

図3に、本発明のマルチキャリア通信装置に係るマルチキャリア送信装置100とマルチキャリア受信装置200の構成を示す。マルチキャリア送信装置100は第1の無線局に設けられていると共に、マルチキャリア受信装置200は第1の無線局と無線通信を行う第2の無線局に設けられている。実際には、マルチキャリア送信装置100が設けられた第1の無線局には受信部が設けられていると共に、マルチキャリア受信装置200が設けられた第2の無線局には送信部が設けられているが、この実施の形態では説明を簡単化するために、これら受信部と送信部を省略して説明する。

マルチキャリア送信装置100は、モジュレーションダイバーシチ変調部1

01 を有し、送信データをモジュレーションダイバーシチ変調部 101 のマッピング部 102 に入力する。マッピング部 102 は BPSK(Binariphase Phase Shift Keying)や、QPSK(Quadrature Phase Shift Keying)、16QAM(Quadrature Amplitude Modulation)等の変調方式に応じて、送信データ 5 を I Q 平面にマッピングする。

マッピング後のシンボルは、位相回転部 103 において、図 1 の (a) に示したように、所定角度だけ位相が回転される。ここでマッピング部 102 と位相回転部 103 は、シンボルを形成するシンボル形成部として機能する。位相が回転されたシンボルは、IQ 分離部 104 によって I ch 成分と Q ch 成分 10 に分離され、I ch 成分又は Q ch 成分の一方がインターバル 106 に送出されると共に他方が IQ 合成部 105 に送出される。この実施の形態の場合には、I ch 成分を直接 IQ 合成部 105 に、Q ch 成分をインターバル 10 6 に送出する。

インターバル 106 は、インターリープパターン設定部 108 により設定 15 されたインターリープパターンを用いてインターリープ処理を行う。インターリープパターン設定部 108 は、各サブキャリアの回線品質に応じたインターリープパターンを設定するようになされている。これにより、マルチキャリア送信装置 100 においては、一様又はランダムなインターリープ処理を行う場合と比較して、効果的なダイバーシチゲインを得ることができるようになって 20 いる。

インターバル 106 によってインターリープ処理された Q ch 成分は、IQ 合成部 105 に送出される。IQ 合成部 105 は、I ch 成分と Q ch 成分を合成することによりコンスタレーションに戻す。これにより、モジュレーションダイバーシチ変調シンボルが得られる。モジュレーションダイバーシチ変 25 調シンボルは、インターリープ情報挿入部 109 に送出される。インターリープ情報挿入部 109 は、変調シンボル列の所定位置に、インターリープパター ン設定部 108 で設定されたインターリープパターン情報を挿入する。

モジュレーションダイバーシチ変調シンボル及びインターリープパターン情報はシリアルパラレル変換部（S／P）110によってパラレル信号とされ、さらに各パラレル信号にはパイロット信号挿入部111によってパイロット信号が挿入される。パイロット信号挿入後のパラレル信号は、逆高速フーリエ変換部（I FFT）によって逆高速フーリエ変換処理が施される。つまり、マルチキャリア送信装置100においては、OFDM変調部としてのS／P110及びI FFT112によって、モジュレーションダイバーシチ変調シンボルを互いに直交する複数のサブキャリアのいずれかに割り当てて、モジュレーションダイバーシチ変調シンボルによって各サブキャリアを順次変調するようになっている。I FFT処理後の信号は、無線送信部113によってアナログディジタル変換処理やアップコンバート等の無線送信処理が施された後、アンテナを介して送信される。

マルチキャリア送信装置100から送信された信号を受信復調するマルチキャリア受信装置200は、モジュレーションダイバーシチ復調部201を有する。マルチキャリア受信装置200は、アンテナで受信した無線信号に対して無線受信部202によってダウンコンバートやアナログディジタル変換処理等の無線受信処理を施した後、高速フーリエ変換部（FFT）203に送出する。FFT部203は各サブキャリアに重畠された信号を抽出する。この各サブキャリアから抽出された信号はパイロット信号抽出部204に送出される。パイロット信号抽出部204は各サブキャリアのパイロット信号を抽出しそれを伝搬路状態推定部206に送出すると共に、各サブキャリアに配置されたモジュレーションダイバーシチ変調シンボルをパラレルシリアル変換部（P／S）205に送出する。

P／S205は、パラレルシリアル変換処理後の信号をインターリープ情報抽出部207に送出する。インターリープ情報抽出部207は、入力信号からインターリープパターン情報信号を抽出し、この情報をモジュレーションダイバーシチ復調部201のデインタリーバ209に送出する。

I Q 分離部 208 は受信シンボル（つまりモジュレーションダイバーシチ変調シンボル）の I ch 成分と Q ch 成分を分離し、I ch 成分は直接 I Q 合成部 210 に、Q ch 成分はデインターリーバ 209 に送出する。デインターリーバ 209 は、インターリープ情報抽出部 207 によって抽出されたインターリープパターン情報に対応したインターリープパターンを用いて Q ch 成分をデインターリープした後、I Q 合成部 210 に送出する。I Q 合成部 210 は I ch 成分とデインターリープ後の Q ch 成分とを合成することによりインターリープ前のシンボルを得る。

位相回転部 211 は、シンボルの I ch 成分及び Q ch 成分の位相を、送信側の位相回転部 103 と同じ角度だけ逆方向に回転させることにより、位相の回転を元に戻す。デマッピング部 212 は、位相が戻されたシンボルを復調することにより受信データを得る。

伝搬路状態推定部 206 は、各サブキャリアに配置されたパイロットデータに基づいて、各サブキャリアの回線品質を推定する。この実施の形態の場合には、受信パイロットデータとパイロットレプリカを用いることにより、各サブキャリアの回線品質としてサブキャリア毎のスケーリング係数を得るようになっている。

伝搬路状態推定部 206 により得られた各サブキャリアの回線品質情報は、マルチキャリア送信装置 100 の順位付け部 107 にフィードバックされる。実際には、上述したようにマルチキャリア送信装置 100 は図示しない受信部を有すると共に、マルチキャリア受信装置 200 は図示しない送信部を有する。そしてマルチキャリア受信装置 200 の図示しない送信部からマルチキャリア送信装置 100 の図示しない受信部に無線送信された回線品質情報が無線局のマルチキャリア送信装置 100 の順位付け部 107 に入力される。

順位付け部 107 は、各サブキャリアの回線品質情報を一時保持し、回線品質の良い順又は悪い順にサブキャリア番号を順位付けし、その順位付け情報をインターリープパターン設定部 108 に送出する。インターリープパターン設

定部 108 は、インターリープ前のシンボルの  $I_{ch}$  成分と  $Q_{ch}$  成分が割り当てられるサブキャリアの前記順位の和が各シンボル間で等しくなるようなインターリープパターンを設定する。

インターリープパターン設定部 108 についてさらに詳しく説明する。イン  
5 ターリープパターン設定部 108 は、マッピング部 102 においてマッピングされたシンボルの  $I_{ch}$  成分が、どのサブキャリアに割り当てられるかは予め分かっているので、マッピングされたシンボルを  $S$ 、位相回転処理後のシンボルを  $RS$ 、その  $I_{ch}$  成分、 $Q_{ch}$  成分をそれぞれ  $RS_i$ 、 $RS_q$  としたとき、シンボル  $RS$  の  $Q$  成分  $RS_q$  を割り当てるサブキャリア番号  $N_q$  を、次式に基づ  
10 づいて算出する。

$$N_q = \text{sub}N(M - R(N_i)) \quad \dots \dots \dots \quad (1)$$

但し、(1) 式において、 $N_i$  は  $I_{ch}$  成分が割り当てられているサブキャリア番号を、 $R(x)$  はサブキャリア番号  $x$  のサブキャリアの回線品質（この実施の形態の場合スケーリング係数）の順位を、 $\text{sub}N(y)$  は回線品質の  
15 順位が  $y$  番目であるサブキャリア番号を、 $M$  は順位付けをしたサブキャリア総数を表している。これにより、各シンボル間で、 $I_{ch}$  成分が割り当てられるサブキャリアの順位と  $Q_{ch}$  成分が割り当てるサブキャリアの順位の和を一定とすることができる。

次に上記の構成を有するマルチキャリア送信装置 100 及びマルチキャリア受信装置 200 の動作について、図 4、図 5A、図 5B を用いて説明する。  
20 図 4 に示すように、先ずマルチキャリア送信装置 100 からマルチキャリア受信装置 200 に 1 回目の送信が行われる。この 1 回目の送信の時点においては、伝搬路情報（各サブキャリアの回線品質）は未知であるので、インターリープパターン設定部 108 において適当なインターリープパターンを設定して送  
25 信を行う。但し、このインターリープパターンはマルチキャリア受信装置 200 において既知のものとする。なお 1 回目の送信では、送信データを送らずにパイロット信号のみを送るようにしてもよい。

マルチキャリア受信装置 200 は 1 回目の送信信号を受信した際に、各サブキャリアに配置されたパイロット信号を抽出し、伝搬路状態推定部 206 において、抽出したパイロット信号と予め保持しておいたパイロットレプリカとを比較することにより、サブキャリア毎の伝搬路情報（回線品質情報）を得る。

- 5 そしてマルチキャリア受信装置 200 は、このサブキャリア毎の回線品質情報をフィードバック情報としてマルチキャリア送信装置 100 へ送信する。

マルチキャリア送信装置 100 は、2 回目の送信時には、フィードバックされたサブキャリア毎の回線品質情報に応じたインターリープパターンを用いて  $Q_{c,h}$  成分をインターリープ処理することで、モジュレーションダイバーシティ変調シンボルを得る。そしてそのモジュレーションダイバーシティ変調シンボルを用いた OFDM 変調処理を行って 2 回目の送信を行う。

マルチキャリア受信装置 200 は、2 回目の送信信号を受信すると、受信信号に対してモジュレーションダイバーシティ復調処理を行って受信データを得る。このとき、2 回目に受信されたモジュレーションダイバーシティ変調シンボルは各サブキャリアの回線品質に応じたインターリープパターンを用いて作られたものなので、1 回目に受信されたモジュレーションダイバーシティ変調シンボルと比較して効果的なダイバーシティゲインを得ることができ、受信データの誤り率特性が向上する。

同様に、マルチキャリア受信装置 200 は、2 回目の送信信号を受信したときのパイロット信号を用いて推定した各サブキャリアの回線品質情報をマルチキャリア送信装置 100 にフィードバックし、マルチキャリア送信装置 100 はその回線品質情報に応じた新たなインターリープパターンを用いてモジュレーションダイバーシティ変調を行って 3 回目の送信を行う。

このようにマルチキャリア送信装置 100 及びマルチキャリア受信装置 200 においては、伝搬路状態が変化した場合でもモジュレーションダイバーシティ変復調のインターリープパターンを適応的に変化させることによって、 $I_{c,h}$  が回線品質の良いサブキャリアに割り当てられた場合は、 $Q_{c,h}$  を回線品質

の悪いサブキャリアに割り当て、 $I_{ch}$ が回線品質の悪いサブキャリアに割り当てられた場合は、 $Q_{ch}$ を回線品質の良いサブキャリアに割り当てることが可能となり、効果的なダイバーシチゲインを得ることができる。

次に本実施の形態のように各サブキャリアの回線品質に応じたインターリーブパターンを用いてモジュレーションダイバーシチ変調を行うと効果的なダイバーシチゲインを得ることができる理由を、図5A、図5B、図6、図7及び図8を用いて説明する。

図5Aに各サブキャリアの伝搬路変動の様子を示し、図5Bに各サブキャリアが図5Aのように変動した場合の各サブキャリアのスケーリング係数、順位付け部107によるスケーリング係数の順位付け結果、各サブキャリアへの $I_{ch}$ 成分の割り当て、本実施の形態のインターリーブによる各サブキャリアへの $Q_{ch}$ 成分の割り当て、従来のインターリーブ（2サブキャリアシフトのインターリーブ）による各サブキャリアへの $Q_{ch}$ 成分の割り当てを示す。

図5Bを見れば明らかのように、本実施の形態のインターリーブでは、互いに対応する $I_{ch}$ 成分と $Q_{ch}$ 成分のスケーリング係数の和が一定とされている。例えばシンボルS1の $I$ 成分 $i_1$ のスケーリング係数の順位は1であり、 $Q$ 成分 $q_1$ の順位は4なので、その和は5となる。またシンボルS2の $I$ 成分 $i_2$ のスケーリング係数の順位は4であり、 $Q$ 成分 $q_2$ の順位は1なので、その和は5となる。これにより、全てのシンボルで平均的なモジュレーションダイバーシチゲインを得ることができるようになるので、極端に誤り率特性の悪いシンボルを無くすことができる。

図6はマッピング部102によりBPSK(Binariphase Phase Shift Keying)処理を行い、位相回転部103により $45^\circ$ の位相回転処理を行った場合の信号点位置を示す。また図7は、図6のシンボルに対して、本実施の形態の構成にて、 $I_{ch}$ 成分はサブキャリア#1に、 $Q_{ch}$ 成分はサブキャリア#2に割り当てるモジュレーションダイバーシチ変調処理を施し、それが無線送信されたものを受け信後、デマッピング時の信号点位置を示している。この場

合の信号点間距離Dは、次式にて算出できる。

$$D = 2\sqrt{C_i^2 + C_q^2} \quad \dots \dots \dots (2)$$

但し、(2)式において、 $C_i$ はIchが割り当てられたサブキャリアのスケーリング係数であり、 $C_q$ はQchが割り当てられたサブキャリアのスケーリング係数である。

例として、図6の様なマッピングにて得られる、次式で示される4シンボル $S_1 \sim S_4$ を、図5Aにて示した伝搬路にて送信した場合におけるデマッピング時の信号点間距離 $D_1 \sim D_4$ を求める。

$$\begin{aligned} S_1 &= i_1 + jq_1 \\ S_2 &= i_2 + jq_2 \\ S_3 &= i_3 + jq_3 \\ S_4 &= i_4 + jq_4 \end{aligned} \quad \dots \dots \dots (3)$$

10 本実施の形態の構成にてインターリープした場合の各シンボル $S_1 \sim S_4$ のデマッピング時の信号点間距離 $D_1 \sim D_4$ は次式のようになる。

$$\begin{aligned} D_1 &= 2\sqrt{5^2 + 1^2} = 2\sqrt{26} \\ D_2 &= 2\sqrt{1^2 + 5^2} = 2\sqrt{26} \\ D_3 &= 2\sqrt{3^2 + 2^2} = 2\sqrt{13} \\ D_4 &= 2\sqrt{2^2 + 3^2} = 2\sqrt{13} \end{aligned} \quad \dots \dots \dots (4)$$

一方、従来例として2サブキャリアシフトのインターリーバを用いた場合の各シンボル $S_1 \sim S_4$ のデマッピング時の信号点間距離 $D_1 \sim D_4$ は次式のよう15になる。

$$\begin{aligned} D_1 &= 2\sqrt{5^2 + 3^2} = 2\sqrt{34} \\ D_2 &= 2\sqrt{1^2 + 2^2} = 2\sqrt{5} \\ D_3 &= 2\sqrt{3^2 + 5^2} = 2\sqrt{34} \\ D_4 &= 2\sqrt{2^2 + 1^2} = 2\sqrt{5} \end{aligned} \quad \dots \dots \dots (5)$$

(4)式と(5)式を比べれば分かるように、本実施の形態のようにサブキ

ヤリアの回線品質に応じたインターリープパターンを変えた方が、インターリープパターンを固定とするよりも、平均的に信号点間距離を確保することができる事が分かる。

次に、全てのサブキャリアに平均雑音電力Nのガウス雑音が加算されたとすると、本実施の形態の構成にてインターリープした場合の4シンボルの平均誤り率Peは次式のようになる。但し、次式においてerfcはガウスの誤差関数である。

$$\begin{aligned} Pe &= \frac{1}{4} \left( \frac{1}{2} erfc\left(\frac{D_1}{\sqrt{2N}}\right) + \frac{1}{2} erfc\left(\frac{D_2}{\sqrt{2N}}\right) + \frac{1}{2} erfc\left(\frac{D_3}{\sqrt{2N}}\right) + \frac{1}{2} erfc\left(\frac{D_4}{\sqrt{2N}}\right) \right) \dots\dots\dots (6) \\ &= \frac{1}{4} \left( erfc\left(\frac{2\sqrt{26}}{\sqrt{2N}}\right) + erfc\left(\frac{2\sqrt{13}}{\sqrt{2N}}\right) \right) \\ &= \frac{1}{4} \left( erfc\left(\frac{\sqrt{52}}{\sqrt{N}}\right) + erfc\left(\frac{\sqrt{26}}{\sqrt{N}}\right) \right) \end{aligned}$$

一方、従来例として2サブキャリアシフトのインターリーバを用いた場合の4シンボルの平均誤り率Peは次式のようになる。

$$\begin{aligned} Pe &= \frac{1}{4} \left( \frac{1}{2} erfc\left(\frac{D_1}{\sqrt{2N}}\right) + \frac{1}{2} erfc\left(\frac{D_2}{\sqrt{2N}}\right) + \frac{1}{2} erfc\left(\frac{D_3}{\sqrt{2N}}\right) + \frac{1}{2} erfc\left(\frac{D_4}{\sqrt{2N}}\right) \right) \dots\dots\dots (7) \\ &= \frac{1}{4} \left( erfc\left(\frac{2\sqrt{34}}{\sqrt{2N}}\right) + erfc\left(\frac{2\sqrt{5}}{\sqrt{2N}}\right) \right) \\ &= \frac{1}{4} \left( erfc\left(\frac{\sqrt{68}}{\sqrt{N}}\right) + erfc\left(\frac{\sqrt{10}}{\sqrt{N}}\right) \right) \end{aligned}$$

(6)式、(7)式を平均雑音電力Nをパラメータとしてこれを0~20dBで変化させたときの平均誤り率Peを図8に示す。図8から、従来例(図中点線)に比して本実施の形態(図中実線)の平均誤り率が大きく改善していることが分かる。

かくして本実施の形態によれば、各サブキャリアの回線品質に応じてモジュ

レーションダイバーシチ変調時のインターリープパターンを適応的に変えるようにしたことにより、全てのシンボルについてムラ無くダイバーシチゲインを得ることができるようになるので、誤り率特性を向上させることができるようになる。

##### 5 (実施の形態 2)

図 3との対応部分に同一符号を付して示す図 9に、実施の形態 2によるマルチキャリア送信装置 300と、マルチキャリア送信装置 300からの信号を受信復調するマルチキャリア受信装置 400の構成を示す。

マルチキャリア送信装置 300は、インターリープパターン設定部 301の構成が異なることと、インターリープパターンテーブル 302を有することを除いて実施の形態 1のマルチキャリア送信装置 100と同様の構成である。またマルチキャリア受信装置 400は、インターリープパターンテーブル 401を有することを除いて実施の形態 1のマルチキャリア受信装置 200と同様の構成である。

15 ここでマルチキャリア送信装置 300のインターリープパターンテーブル 302には、複数のインターリープパターンが記憶されている。インターリープパターン設定部 301は、インターリープパターンテーブル 302に記憶されている複数のインターリープパターンを順次読み出し、各インターリープパターンと各サブキャリアの回線品質とを用いてシミュレーションにより、複数のインターリープパターンの中から最も良いモジュレーションダイバーシチ効果の得られるインターリープパターンを選択する。

そしてインターリープパターン設定部 301は、選択したインターリープパターンをインターリーバ 106に送出する。インターリーバ 106は設定されたインターリープパターン 106を用いてインターリープ処理を行う。またインターリープパターン設定部 301で設定されたインターリープパターン情報はインターリープ情報挿入部 109によって送信信号中に挿入されて、マルチキャリア受信装置 400に送られる。

- マルチキャリア受信装置 400 のインターリープパターンテーブル 401 には、マルチキャリア送信装置 300 のインターリープパターンテーブル 302 に記憶されているインターリープパターンと同様のインターリープパターンが記憶されている。マルチキャリア受信装置 400 は、インターリープ情報 5 抽出部 207 で抽出したインターリープパターン情報に基づいてインターリープパターンテーブル 401 から送信側で用いたインターリープパターンと同じインターリープパターンを読み出してデインターリーバ 209 に送出する。これにより、デインターリーバ 209において、 $Q_{ch}$  成分が元の配列に戻される。
- 10 ここでこの実施の形態のインターリープパターン設定部 301 の構成を、図 10 に示す。インターリーバ 303 は、インターリープパターンテーブル 302 に記憶されたインターリープパターンを読み出し、伝搬路状態推定情報（すなわち各サブキャリアの回線品質）を読み出したインターリープパターンでインターリープする。
- 15 加算部 304 には、インターリープされた各サブキャリアの回線品質と、インターリープされない各サブキャリアの回線品質とが入力され、加算部 304 はこれらをサブキャリア単位で加算することにより、読み出したインターリープパターンで $Q_{ch}$  成分をインターリープして現在の伝搬路上を無線伝送させた場合の伝搬路変動を受けた $Q_{ch}$  成分と $I_{ch}$  成分とをシンボル毎に加算したものに相当する値を得る。

さらに具体的に説明する。例えばサブキャリア数が 4 のときに伝搬路状態推定情報（各サブキャリアの回線品質）として、 $S = (S_1, S_2, S_3, S_4)$  が入力されたとする。インターリーバ 303 からあるインターリープパターンを用いた結果、 $S' = (S_2, S_4, S_3, S_1)$  の出力が得られたとする。このとき、上記 S は $I_{ch}$  成分の受信電力を予想するものであり、上記 S' は $Q_{ch}$  成分の受信電力を予想するものとなる。そして加算部 304 では上記 S と上記 S' を次式のようにベクトル加算してその絶対値を求める計算を行う。

$$S'' = | S + j S' | \\ = \sqrt{(S_1^2 + S_2^2)}, \sqrt{(S_2^2 + S_4^2)}, \sqrt{(S_3^2 + S_3^2)}, \sqrt{(S_4^2 + S_1^2)} \dots \dots \quad (8)$$

分散計算部 305 は、加算された要素全ての分散値を求める。具体的には、

- 5 (8) 式の4つの信号についての分散を計算する。計算された分散値とそのときのインターリーブパターン番号は記憶部306に記憶される。つまり、記憶部306には、インターリーブパターンテーブル302に記憶されている各インターリーブパターンを用いたときの各分散値がインターリーブパターン番号に対応付けられて記憶される。最小値算出部307は、記憶部306に記憶されている分散値の中で最小の分散値を算出し、その分散値に対応するインターリーブパターン番号をインターリーバ106及びインターリーブ情報挿入部109に送出する。

次にこの実施の形態の動作について説明する。先ず、インターリープパターンテーブル302からインターリープパターン番号1番のインターリープパターンがインターリーバ303により読み出される。インターリーバ303は、各サブキャリアの回線品質を読み出したインターリープパターンでインターリープし、インターリープ結果を加算部304に送出する。加算部304は、各サブキャリアの回線品質とインターリープされた回線品質を要素毎（サブキャリア毎）に加算する。ここでサブキャリアをN本用いていると仮定すると、加算結果もN個となる。分散計算部305においては、N個の加算結果の分散値を求める。記憶部306は、分散値と、その分散値を算出する際に用いていたインターリープパターン番号を対応付けて記憶する。インターリープパターン設定部301は、この処理をインターリープパターンテーブル302に記憶されたインターリープパターンを順次用いて全てのインターリープパターンについて繰り返し行う。

インターリープパターン設定部301は、最後に、最小値算出部307によって記憶部306に記憶されている分散値の中で分散値が最も小さいものを算出し、その分散値に対応するインターリープパターン番号を選択する。

こうすることによって、 $I_{ch}$ 成分が割り当てられるであろうサブキャリアの回線品質（例えばスケーリング係数）と、 $Q_{ch}$ 成分がインターリープされた後に割り当てられるであろうサブキャリアの回線品質の和がシンボル間であまり変動しないインターリープパターンを選択することができる。この結果、

- 5 全てのシンボルで平均的なモジュレーションダイバーシチゲインを得ることができるようになるので、極端に誤り率特性の悪いシンボルを無くすことができる。具体的には、 $I_{ch}$ 成分が回線品質の良いサブキャリアに割り当てられた場合は、 $Q_{ch}$ 成分を回線品質の悪いサブキャリアに割り当て、 $I_{ch}$ 成分が回線品質の悪いサブキャリアに割り当てられた場合は、 $Q_{ch}$ を回線品質の
- 10 良いサブキャリアに割り当てる確率の高いインターリープパターンを選択することが可能となる。

かくして本実施の形態によれば、複数のインターリープパターンが記憶されたインターリープパターンテーブル302を設け、記憶された各インターリープパターンと各サブキャリアの回線品質とを用いてシミュレーションを行うことにより、複数のインターリープパターンの中から最も良いモジュレーションダイバーシチ効果の得られるインターリープパターンを選択するようにしたことにより、効果的なダイバーシチゲインを得ることができ、誤り率特性を向上させることができるようになる。

また受信側に送信側のインターリープパターンテーブル302と同じインターリープパターンが記憶されたインターリープパターンテーブル401を設けたことにより、送信側で用いたインターリープパターン番号を通知するだけで受信側で送信側のインターリープパターンに対応したデインターリープ処理を行うことができるようになるので、送信機から受信機へ通知するインターリープ情報量を少なくすることができる。

25 (実施の形態3)

図9との対応部分に同一符号を付して示す図11に、実施の形態3によるマルチキャリア送信装置500と、マルチキャリア送信装置500からの信号を

受信復調するマルチキャリア受信装置400の構成を示す。

マルチキャリア送信装置500は、インターリープパターン設定部501の構成が異なることを除いて、実施の形態2のマルチキャリア送信装置300と同様の構成でなる。またマルチキャリア受信装置400は、実施の形態2で説明したマルチキャリア受信装置400と同様の構成でなる。

インターリープパターン設定部501は、インターリープパターンテーブル302に記憶されている複数のインターリープパターンを順次読み出し、各インターリープパターンと各サブキャリアの回線品質とを用いてシミュレーションを行うことにより、複数のインターリープパターンの中から最も良いミュレーションダイバーシチ効果の得られるインターリープパターンを選択するといった点では、実施の形態2のインターリープパターン設定部301と同様である。但し、インターリープパターン設定部501は、インターリープパターン設定部301と構成が異なる。

図12に、この実施の形態のインターリープパターン設定部501の構成を示す。インターリーバ502は、インターリープパターンテーブル302に記憶されたインターリープパターンを読み出し、伝搬路状態推定情報（すなわち各サブキャリアの回線品質）を読み出したインターリープパターンでインターリープする。

減算部503には、インターリープされた各サブキャリアの回線品質と、インターリープされない各サブキャリアの回線品質とが入力され、減算部503はこれらをサブキャリア単位で減算することにより、読み出したインターリープパターンで $Q_{ch}$ 成分をインターリープして現在の伝搬路上を無線伝送させた場合の伝搬路変動を受けた $Q_{ch}$ 成分と $I_{ch}$ 成分とをシンボル毎に減算したものに相当する値を得る。

絶対値加算部504は、減算された要素全てについて絶対値をとり、その加算値を求める。計算された絶対値加算値とそのときのインターリープパターン番号は記憶部505に記憶される。つまり、記憶部505には、インターリー

ブパターンテーブル302に記憶されている各インターリープパターンを用いたときの各絶対値加算値がインターリープパターン番号に対応付けられて記憶される。最大値算出部506は、記憶部505に記憶されている絶対値加算値の中で最大のものを算出し、その絶対値加算値に対応するインターリープ  
5 パターン番号をインターリーバ106及びインターリープ情報挿入部109に送出する。

次にこの実施の形態の動作について説明する。先ず、インターリープパターンテーブル302からインターリープパターン番号1番のインターリープパターンがインターリーバ502により読み出される。インターリーバ502は、  
10 各サブキャリアの回線品質を読み出したインターリープパターンでインターリープし、インターリープ結果を減算部503に送出する。減算部503は、各サブキャリアの回線品質とインターリープされた回線品質を要素毎（サブキャリア毎）に減算する。ここでサブキャリアをN本用いていると仮定すると、減算結果もN個となる。絶対値加算部504においては、N個の減算結果それ  
15 ぞの絶対値をとった後の総加算値を求める。記憶部505は、絶対値加算値と、その絶対値加算値を算出する際に用いていたインターリープパターン番号を対応付けて記憶する。インターリープパターン設定部501は、この処理を・インターリープパターンテーブル302に記憶されたインターリープパターンを順次用いて全てのインターリープパターンについて繰り返し行う。  
・  
20 インターリープパターン設定部501は、最後に、最大値算出部506によって記憶部505に記憶されている絶対値加算値の中で値が最も小さいものを算出し、その絶対値加算値に対応するインターリープパターン番号を選択する。

こうすることによって、Ich成分が割り当てられるであろうサブキャリア  
25 の回線品質（例えばスケーリング係数）と、Qch成分がインターリープされた後に割り当てられるであろうサブキャリアの回線品質の差が平均的に大きくなるインターリープパターンを選択することができる。この結果、全てのシ

ンボルで平均的に大きなモジュレーションダイバーシチゲインを得ることができるようになるので、極端に誤り率特性の悪いシンボルを無くすことができる。具体的には、I c h 成分が回線品質の良いサブキャリアに割り当てられた場合は、Q c h 成分を回線品質の悪いサブキャリアに割り当て、I c h 成分が回線品質の悪いサブキャリアに割り当てられた場合は、Q c h を回線品質の良いサブキャリアに割り当てる確率の高いインターリープパターンを選択することが可能となる。

かくして本実施の形態によれば、複数のインターリープパターンが記憶されたインターリープパターンテーブル302を設け、記憶された各インターリープパターンと各サブキャリアの回線品質とを用いてシミュレーションを行うことにより、複数のインターリープパターンの中から最も良いモジュレーションダイバーシチ効果の得られるインターリープパターンを選択するようにしたことにより、効果的なダイバーシチゲインを得ることができ、誤り率特性を向上させることができるようになる。

また受信側に送信側のインターリープパターンテーブル302と同じインターリープパターンが記憶されたインターリープパターンテーブル401を設けたことにより、送信側で用いたインターリープパターン番号を通知するだけで受信側で送信側のインターリープパターンに対応したデインターリープ処理を行うことができるようになるので、送信機から受信機へ通知するインターリープ情報量を少なくすることができる。

#### (実施の形態4)

この実施の形態では、受信機から送信機に通知する各サブキャリアの回線品質情報（スケーリング係数やS N R等）の低減方法について提案する。上述した実施の形態1～3では、送信機（マルチキャリア送信装置）でのインターリープパターンを決定するには、受信機（マルチキャリア受信装置）から各サブキャリアの回線品質を通知してもらう必要がある。勿論、このフィードバック情報は無線リソースの点からみれば少ない方が好ましい。そこでこの実施の形

態では、そのフィードバック情報の幾つかの低減方法を提案する。なお以下の例では、各サブキャリアの回線品質としてS N R を用いる場合を例にとって説明する。

#### (1) データ量の低減方法 1

5 一般に隣接サブキャリアの S N R は相関性が高い。よって、サブキャリアグループを作り、サブキャリアグループに 1 つの回線品質情報（例えば S N R ）をフィードバック情報として送れば、各サブキャリアの情報をあまり損なわずに、有効にフィードバックデータ量を低減することができる。例えば、5 1 2 本のサブキャリア数で通信している場合に、サブキャリア数 1 6 本で 1 つのサ  
10 ブキャリアグループとするなら、 $5 1 2 \div 1 6 = 4 8$  となり、4 8 個の S N R をフィードバックすれば済むようになる。ここで各サブキャリアグループで 1 つの回線品質情報をフィードバックする場合には、例えばグループ内サブキャリアの平均 S N R を用いることが考えられる。

但し、隣接サブキャリアの相関性がディレイスペレッド (Delay Spread) に依存しているため、ディレイスペレッドが大きい場合は相関性が低く、ディレイスペレッドが小さい場合は相関性が高い。これを考慮すると、さらに好ましくは、サブキャリアグループ 1 つ当たりのサブキャリア数については、一定と決めずに、ディレイスペレッドによって変化させるようにすれば、フィードバックデータ量を抑えつつ、一段との的確な回線品質 (S N R ) を通知できるようになる。例えば、ディレイスペレッドが大きい場合は、隣接サブキャリア間の相関性が小さいので、サブキャリアグループ内のサブキャリア数を少なくする。一方、ディレイスペレッドが小さい場合は、隣接サブキャリア間の相関性が高いので、サブキャリアグループ内のサブキャリア数を大きくする。

なおここでは、回線品質情報として主に S N R を送る場合について説明したが、サブキャリアの順位を送る場合も同様に、サブキャリアグループ毎に 1 つの S N R を算出した後に順位を決め、フィードバック送信することも可能である。

### (2) データ量低減方法2

サブキャリア毎のS N R 値を通知する場合に、ある程度の階層（クラス）に分けて、その階級を通知する。例えば、図13Aのように、サブキャリア毎のS N R 値を2つのスレッショルドS N R 値（閾値A、閾値B）によって区分する。そして、それぞれのサブキャリアのS N R 値の代わりに、図13Bのようにクラス分けされた領域の番号をフィードバック情報として、送信機へ通知する。

これにより、サブキャリア毎のS N R 値をそのままフィードバック情報として送信機に送信する場合と比較して、フィードバック情報量を低減することができる。

### (3) データ量低減方法3

フィードバックデータを通知する場合に、測定したサブキャリア毎のS N R 値ではなく、S N R のランキング順を通知する。例えば受信機において測定したサブキャリア毎のS N R 値が図14Aに示すようなものであった場合、フィードバック情報として、図14Bに示すように回線状態の良い順のサブキャリア番号を通知する。

また、このようにS N R のランキング順を通知する場合に、ある閾値の値よりもS N R 値が低いサブキャリアについては、そのサブキャリアの番号はフィードバック情報内に含めないようにしてもよい。このようにすると、マルチキャリア送信機（下り送信機）が番号の通知されなかったサブキャリアを認識し、そのサブキャリアにデータを割り当てないようすれば、回線品質の非常に悪いサブキャリアにデータを割り当てる 것을回避できるので、無駄なデータの送信を防止することもできるようになる。この結果、無駄な送信電力を削減することができるようになる。

例えば受信機において測定したサブキャリア毎のS N R 値が図15Aに示すようなものであった場合、フィードバック情報として、図15Bに示すように、閾値C以下であったサブキャリア#4のサブキャリア番号は通知しないよ

うにする。そして、フィードバック情報を取得したマルチキャリア送信機は、インターリープパターン設定部によって、フィードバック情報に含まれなかつたサブキャリア番号#6のサブキャリアにはデータが割り当てられないインターリープパターンを設定する。

- 5 また、SNRのランキングを通知する場合に、図16A～図16Dに示すように、SNR値をクラス分けし、SNRが中程度のサブキャリアはフィードバック情報に含めず、SNRが良い順にサブキャリア番号をフィードバック情報1として、SNR値が悪い順にサブキャリア番号をフィードバック情報2として、フィードバックするようにしてもよい。図16A～図16Dの例では、SNR値を閾値D、閾値Eを用いて3段階にクラス分けし（図16A）、SNRが中程度のサブキャリア#1、#10、#8、#4はフィードバック情報に含めず（図16D）、SNRが良い順にサブキャリア番号#3、#2、#9をフィードバック情報1として（図16B）、SNR値が悪い順にサブキャリア番号をフィードバック情報2として（図16C）、フィードバックするようにし  
10 ている。

- このフィードバック情報を取得したマルチキャリア送信機は、図17のようにフィードバック情報1からSNRが良い順のサブキャリア番号を、フィードバック情報2からSNRが悪い順のサブキャリア番号を得て、これらのサブキャリア（すなわち回線品質が高品質及び低品質のサブキャリア）に関しては、  
20 インターリープパターン設定部にて、実施の形態1で説明したようにIchとQchを割り当てるサブキャリアのインターリープパターンとして回線品質に応じた適応インターリープパターンを設定することで、サブキャリアの回線品質に応じた適応インターリープを行う。マルチキャリア送信機は、それ以外のSNR値が中程度のサブキャリア番号に関しては、インターリープパターン  
25 設定部にてランダムなインターリープパターンを設定することで、ランダムインターリープを行う。

ここで、閾値D、閾値Eは、図18（横軸にSNR値、縦軸にサブキャリア

毎の S N R 値の確率密度を示す) に示すように、ダイバーシチゲインの効果が高い領域と低い領域とを分けたときの境界の S N R 値 (この場合は、0 dB と 6 dB) に設定するのが好ましい。このようにすることにより、通常、フィードバックしても (すなわち適応インターリープを行っても) 、ダイバーシチ効果 5 をあまり得られない中間の S N R 領域についてのフィードバックデータ量を削減できる。

また、例えば、マルチキャリア送信機からフィードバックデータ量を減らしなさいという制御情報を受け取った場合には、上記の閾値 D を 1 dB 下げ、閾値 E を 1 dB 上げることで、よりダイバーシチゲインの効果が高い領域についてのみフィードバックすることができようになる。これとは逆に、フィードバックデータ量を増やしてもよいとの制御情報を受け取った場合には、上記の閾値 D を 1 dB 上げ、閾値 E を 1 dB 下げることで、より効果的なフィードバックデータを増やすことができるようになり、その結果、より多くのフィードバックデータを用いた適応インターリーバを設計することが可能となる。

#### 15 (4) フィードバック回数の低減方法

時間的に断続的な複数のフレーム (パケット) を送信する場合に、フィードバックデータを毎フレーム送信するのではなく、ドップラー周波数に応じてフィードバックデータの送信間隔を変化させることを提案する。

時間的な S N R 値の変動は、ドップラー周波数(受信機と送信機の相対移動速度)に比例している。つまり、ドップラー周波数が低い場合は S N R 値の時間的な変動も少ないと予想でき、ドップラー周波数が大きい場合は S N R 値の時間的な変動も大きいと予想できる。これを考慮して、ドップラー周波数が小さい場合は、数フレームの間フィードバックデータを送信せずに同じインターリープパターンを用いるようにし、ドップラー周波数が大きい場合は、毎フレーム 20 にフィードバックデータを送信し、インターリープパターンを更新するよう 25 にする。

なおここでは、S N R を送る場合について説明したが、サブキャリアの S N

R順位や、インターリーバテーブル番号を通知する場合においても同様に適用できる。

図19に、この実施の形態による、フィードバックデータの送信頻度とインターリープ方法の切り替え例を示す。図に示したように、ドップラー周波数  $f_D$  の大きさが 20 Hz 以下では、フィードバックデータの送信頻度を変えてても特性差（図では P E R (Packet Error Rate)）がほとんどない。従って、このような場合は、フィードバックデータの送信頻度を低くする（図では 3 frame に 1 回）ことによって、フィードバックデータ量を削減する。またドップラー周波数  $f_D$  が 20 Hz から 80 Hz のときには、2 フレームに 1 回のフィードバックデータでも特性が劣化しないので、2 フレームに 1 回だけフィードバックデータを送信する。またドップラー周波数  $f_D$  が 200 Hz 以上の領域においては、毎フレームフィードバックデータを送っても、ランダムインターリープを行った場合と比較して特性改善効果がほとんど期待できない。従って、このような場合は、S N R 値をフィードバックデータとして送信することを止め、適応インターリープを使わずにランダムインターリープを使ってモジュレーションダイバーシチ変調をする指示を、マルチキャリア送信機へ通知する。

#### （実施の形態 5）

この実施の形態では、本発明を、同一シンボルを繰り返して複数回送信する OFDM システム（以下これをレピティション OFDM と呼ぶ）に適用する場合の構成について説明する。

先ず、レピティション OFDM について簡単に説明する。

レピティション OFDM は、繰り返して同一のシンボルを伝送するので伝送レートは低速となるが、例えば下り受信端末が S N R 値の非常に悪いセルエッジ付近などにいる場合に、確実に情報を伝送するための方式として有効なものとして提案されている。シンボル繰り返しとは、Q P S K や B P S K などのシンボルを同一フレーム内で複数個繰り返して送信することで、受信側で、繰り返しシンボルを合成することによってダイバーシチ効果を得ることができる

ようにしたものである。

図3との対応部分に同一符号を付して示す図20に、本実施の形態によるマルチキャリア送信装置600と、マルチキャリア送信装置600からの信号を受信復調するマルチキャリア受信装置700の構成を示す。

- 5 マルチキャリア送信装置600は、モジュレーションダイバーシチ変調部601に、シンボル繰り返し部602を設けたことと、Ich、Qch用の各インターリーバ603、604を設けたことと、インターリーパターン設定部605の構成が異なることを除いて実施の形態1のマルチキャリア送信装置100と同様の構成でなる。シンボル繰り返し部602は、マッピング部102から順次入力されるシンボルをそれぞれ複数回繰り返して出力するものである。すなわちシンボル繰り返し部602は、互いに同一の複数のシンボルを形成してこれらを出力する。

- マルチキャリア受信装置700は、モジュレーションダイバーシチ復調部701に、位相回転部211から出力された同一シンボルを繰り返し回数分だけ15 合成して出力するシンボル合成部704を設けたことと、Ich、Qch用のデインターリーバ702、703を設けたことを除いて実施の形態1のマルチキャリア受信装置200と同様の構成でなる。

- 次に、マルチキャリア送信装置600及びマルチキャリア受信装置700の動作について、特にインターリープパターンの設定動作を中心に説明する。
- 20 先ず、マルチキャリア送信装置600の動作を、図21を用いて説明する。マルチキャリア送信装置600は、以下の動作を行うことにより、各インターリーバ603、604のインターリープパターンを設定する。
- ①順位付け部107によってフィードバックデータ（サブキャリア毎のSNR値）を受け取って（ST1）、これをランク付けする（ST2）。
- 25 ②インターリープパターン設定部605によって、SNR値のランキングを奇数ランキングと偶数ランキングとに分ける（ST3、ST4）。
- ③偶数ランキングは順位が下のものと上のものを逆の順序に入れ替える（ST

5)。

④シンボル繰り返し部 602 によって繰り返しシンボルを形成する。ここで繰り返し回数（繰り返し係数）が 2 の場合には、オリジナルのシンボル S1、S2 (ST11) を 2 つにコピーすることで、ST12 に示すような繰り返しシンボルを形成する。  
5

⑤ST13において、オリジナルシンボル S1、S2 に対して奇数ランディングの順序を用いて、実施例 1 と同様に、各シンボル S1、S2 間で、Ich 成分が割り当てられるサブキャリアの奇数順位と Qch 成分が割り当てられるサブキャリアの奇数順位の和が一定となるようなインターリーブパターンを設定する。具体的には、S1 (Ich) がサブキャリア #3 に割り当てられ、S2 (Ich) がサブキャリア #1 に割り当てられ、S1 (Qch) がサブキャリア #7 に割り当てられ、S2 (Qch) がサブキャリア #4 に割り当てられるように、Ich 用と Qch 用のインターリーバ 603、604 のインターリーブパターンを設定する。  
10

⑥ST14において、繰り返しシンボル S1、S2 に対して偶数ランディング (SNR 値の悪い順) を用いて、実施例 1 と同様に、各繰り返しシンボル S1、S2 間で、Ich 成分が割り当てられるサブキャリアの偶数順位と Qch 成分が割り当てられるサブキャリアの偶数順位の和が一定となるようなインターリーブパターンを設定する。具体的には、S1 (Ich) がサブキャリア #6 に割り当てられ、S2 (Ich) がサブキャリア #5 に割り当てられ、S1 (Qch) がサブキャリア #2 に割り当てられ、S2 (Qch) がサブキャリア #8 に割り当てられるように、Ich 用と Qch 用のインターリーバ 603、604 のインターリーブパターンを設定する。  
20

⑦ST15において、ST13 で設定したインターリーブパターンと、ST14 で設定したインターリーブパターンとを、Ich、Qch 毎につなぎ合わせることで、最終的な Ich 用のインターリーブパターンと Qch 用のインターリーブパターンを設定する。具体的には、ST13 において作成されたオリジ  
25

ナルシンボル I<sub>c</sub>h 用のインターリープパターンと ST 1~4 において作成された繰り返しシンボル I<sub>c</sub>h 用のインターリープパターンをつなぎ合わせて、一つの I<sub>c</sub>h 用のインターリープパターンとする。同様に、ST 1~3 において作成されたオリジナルシンボル Q<sub>c</sub>h 用のインターリープパターンと ST 1~5 において作成された繰り返しシンボル Q<sub>c</sub>h 用のインターリープパターンをつなぎ合わせて、一つの Q<sub>c</sub>h 用のインターリープパターンとする。

このようなインターリープパターンを設定することによって、マルチキャリア受信装置 700 のシンボル合成部 704 では、図 22 のような受信コンスタレーションが得られる。このコンスタレーションを見ると、特に合成後のコンスタレーションにおいてそれぞれの信号点間距離が広く保たれているために、BER 特性に最も影響を及ぼす信号点間距離の最小値が大きくなり、BER 特性が改善する。

なおこの実施の形態では、オリジナルシンボル S<sub>1</sub>、S<sub>2</sub> とその繰り返しシンボルについてのインターリープパターンを、サブキャリアの回線品質の順位に基づいて一意に決定する場合について説明したが、本発明はこれに限らず、オリジナルシンボルと繰り返しシンボルの I<sub>c</sub>h、Q<sub>c</sub>h をどのサブキャリアに割り当てるかを、予め送信機においてシミュレーションすることによって、適応的なインターリープパターンを設定するようにしてもよい。

このようにする場合のマルチキャリア送信装置 600 の動作の一例を、図 23 を用いて説明する。

- ①順位付け部 107 によってフィードバックデータ（サブキャリア毎の SNR 値）を受け取って（ST 1）、これをランク付けする（ST 2）。
- ②インターリープパターン設定部 605 によって、SNR 値のランキングを奇数ランキングと偶数ランキングとに分ける（ST 3、ST 4）。
- ③シンボル繰り返し部 602 によって繰り返しシンボルを形成する（ST 2）。

1)。

④S T 2 2において、位相回転したQ P S Kのコンスタレーションに対して、奇数ランキングの順序を用いて、実施の形態1と同様に、I c h成分が割り当てられるサブキャリアの奇数順位とQ c h成分が割り当てられるサブキャリアの奇数順位の和が一定となるような組合せを作る。この例では、奇数順位の和が一定となる組合せが4組存在する。具体的には、以下のような4つの組合せを作る。因みに、この組合せは、位相回転したQ P S Kの4つの信号全てについて作る。

- 組合せA：シンボルのI c hをサブキャリア#3に割り当て、Q c hをサブキャリア#7に割り当てる。
  - 組合せB：シンボルのI c hをサブキャリア#1に割り当て、Q c hをサブキャリア#4に割り当てる。
  - 組合せC：シンボルのI c hをサブキャリア#4に割り当て、Q c hをサブキャリア#1に割り当てる。
  - 組合せD：シンボルのI c hをサブキャリア#7に割り当て、Q c hをサブキャリア#3に割り当てる。
- ⑤S T 2 3において、位相回転したQ P S Kのコンスタレーションに対して、偶数ランキングの順序を用いて、実施の形態1と同様に、I c h成分が割り当てられるサブキャリアの偶数順位とQ c h成分が割り当てられるサブキャリアの偶数順位の和が一定となるような組合せを作る。具体的には、以下のような4つの組合せを作る。因みに、この組合せは、位相回転したQ P S Kの4つの信号全てについて作る。
- 組合せE：シンボルのI c hをサブキャリア#2に割り当て、Q c hをサブキャリア#6に割り当てる。
  - 組合せF：シンボルのI c hをサブキャリア#8に割り当て、Q c hをサブキャリア#5に割り当てる。
  - 組合せG：シンボルのI c hをサブキャリア#5に割り当て、Q c hをサブ

キャリア#8に割り当てる。

・組合せH：シンボルのIchをサブキャリア#6に割り当て、Qchをサブキャリア#2に割り当てる。

⑥ST24において、オリジナルシンボル4シンボルそれぞれについて組合せA～Dを選択すると共に繰り返しシンボル4シンボルそれぞれについて組合せE～Hのいずれかを選択し、それらを選択した場合のオリジナルシンボルと繰り返しシンボルを合成した後の信号点間距離の最小値が平均的に大きくなるものをシミュレートすることにより、インターリープパターンを設定する。つまり、合成後の信号点間距離の最小値が平均的に大きくなる組合せを選択する。例えば、オリジナルシンボルについては組合せAを選択し、繰り返しシンボルについては組合せGを選択する。そしてこれらの組合せをつなぎ合わせたものをインターリープパターンとして設定する。

要するに、図20～図23で説明したものをまとめると、シンボル繰り返し部602によって、順次入力されるシンボル各々について、互いに同一の第1及び第2のシンボルを形成し、インターリープパターン設定部605によって、第1のシンボルのIchと第2のシンボルのQchが順次回線品質の良いサブキャリアから順に割り当てられると共に、第1のシンボルのQchと第2のシンボルのIchが順次回線品質の悪いサブキャリアから順に割り当てられるインターリープパターンを設定する。これにより、受信側において得られる、第1のシンボルと第2のシンボルの合成シンボルの信号点間距離の最小値が平均的に大きくなるので、合成シンボルのビット中に誤り易いビットと誤りにくいビットが生じることを防ぐことができるようになる。

なお、本実施の形態においては、繰り返し数2の場合を用いて説明したが、繰り返し数が3以上の場合であっても、同様に、1つのオリジナルシンボル当たりで考えて、回線状態の良いサブキャリアと悪いサブキャリアがほぼ同数となるように割り当て、受信機における合成シンボルの信号点間距離の最小値が平均的に大きくなるように、インターリープパターンを設計してもよい。

## (他の実施の形態)

なお上述した実施の形態では、マルチキャリア送信装置100、300、600にてインターリープパターンを設定する場合について述べたが、本発明はこれに限らず、上述したのと同様のインターリープパターン設定処理を受信機5側で行って、フィードバック情報として伝搬路情報（回線品質情報）に換えてインターリープパターン情報を通知するようにしてもよい。

また上述した実施の形態では、回線品質としてパイロットシンボルの変動から得たスケーリング係数を用いた場合について述べたが、本発明はこれに限らず、各サブキャリアの回線品質としては、従来提案されている種々の方法で求めたものを適用することができる。例えば各サブキャリアのデータシンボルの平均電力に基づいて各サブキャリアの回線品質を検知してもよく、遅延プロファイルをIFFTする方法で得たスケーリング係数により各サブキャリアの回線品質を検知してもよく、さらには各サブキャリアのS N R (Signal-to-Noise Ratio) を各サブキャリアの回線品質値としてもよい。

15 また上述した実施の形態1では、初回送信時には各サブキャリアの回線品質が未知である場合について述べたが、各サブキャリアの回線品質が分かっている場合は、初回送信時からインターリープパターン設定部108にて回線品質に応じたインターリープパターンを設定し、モジュレーションダイバーシチ変調を行うようにしてもよい。

20 また上述した実施の形態1～4では、Q c h成分をインターリープする場合について述べたが、本発明はこれに限らず、I c h成分のみインターリープしてもよく、I c h成分とQ c h成分の両方ともインターリープするようにしてもよく、このようにした場合にも上述した実施の形態のように各サブキャリアの回線品質に応じて適応的にインターリープパターンを設定すれば、上述した25 実施の形態と同様の効果を得ることができる。

また上述した実施の形態では、マッピング部102に加えて位相回転部103を設け、マッピング後のI成分及びQ成分の位相を回転させる場合について

述べたが、本発明はこれに限らず、マッピング部にて位相回転も加味したマッピング処理を行えば、位相回転部を省略することができる。

さらに上述した実施の形態では、各サブキャリアの回線品質（スケーリング係数やSNR等）を受信機にて測定し、測定結果を送信機にフィードバックデータとして送信し、送信機にてSNR値を順位付けし、インターリープパターンを決定し、送信機から受信機へモジュレーションダイバーシチ変調されたデータとインターリープパターン情報を併せて送信し、受信機にてインターリープパターン情報からデインターリープパターンを作成し、このインターリープパターンを用いて復調する場合について述べたが、本発明のマルチキャリア送信装置とマルチキャリア受信装置との制御データのやり取りはこれに限らない。以下に上述した実施の形態以外の制御データのやり取りの幾つかの例を挙げる。

(i) 回線品質情報をフィードバックする方法（その2）

先ず受信機にて各サブキャリアの回線品質を測定し、受信機にて各サブキャリアの回線品質を順位付けし、デインターリープパターンを決定後、記憶する。次に受信機から送信機へフィードバックデータとして回線品質情報を送信し、これに基づいて送信機でも回線品質を順位付けし、インターリープパターンを決定する。そして送信機から受信機へモジュレーションダイバーシチ変調されたデータを送信する。受信機は記憶しておいたデインターリープパターンを用いてモジュレーションダイバーシチ変調されたデータを復調する。

(ii) 順位付けデータをフィードバックする方法

先ず受信機にて各サブキャリアの回線品質を測定し、受信機にて各サブキャリアの回線品質を順位付けし、デインターリープパターンを決定後、記憶する。次に受信機から送信機へフィードバックデータとして順位値を送信する。送信機では順位値からインターリープパターンを決定し、送信機から受信機へモジュレーションダイバーシチ変調されたデータを送信する。受信機は記憶しておいたデインターリープパターンを用いてモジュレーションダイバーシチ変調

されたデータを復調する。

(iii) 遅延プロファイルをフィードバックする方法

- 先ず受信機にて遅延プロファイルを測定し、受信機から送信機へ遅延プロファイルを送信する。次に送信機で遅延プロファイルをFFTすることで回線品質を得これを順位付けし、インターリープパターンを決定し、送信機から受信機へモジュレーションダイバーシチ変調されたデータとインターリープパターン情報を併せて送信し、受信機でインターリープパターン情報からディンターリープパターンを作成し、このインターリープパターンを用いて復調する。

(iv) 遅延プロファイルをフィードバックする方法(その2)

- 10 先ず受信機にて遅延プロファイルを測定し、この遅延プロファイルに基づいて受信機にて各サブキャリアの回線品質を得それを順位付けし、ディンターリープパターンを決定後、記憶する。次に受信機から送信機へ遅延プロファイルを送信し、送信機で遅延プロファイルをFFTすることで回線品質を得それを順位付けし、インターリープパターンを決定する。そして送信機から受信機へモジュレーションダイバーシチ変調されたデータを送信する。受信機は記憶しておいたディンターリープパターンを用いてモジュレーションダイバシチ変調されたデータを復調する。

- さらに上述した実施の形態2、3では、送信機及び受信機にインターリープパターンテーブルを設けた場合の制御データのやり取りとして、受信機にて各サブキャリアの回線品質を測定し、測定結果を送信機にフィードバックデータとして送信し、送信機にて予め記憶してあったインターリープパターンから最もダイバーシチゲインの得られるものを選択し、送信機から受信機へモジュレーションダイバーシチ変調されたデータとインターリープパターン番号を併せて送信し、受信機にてインターリープパターンテーブルから通知されたインターリープパターンを読み出して復調する場合について述べたが、例えば以下のようにもよい。

つまり、受信機にて各サブキャリアの回線品質を測定し、受信機にてイン

一リープパターンテーブルの中から最もダイバーシチゲインの得られるものを選択し、そのインターリープパターン番号を記憶しておく。そして受信機から送信機へインターリープパターン番号をフィードバック情報として送信する。送信機はインターリープパターンテーブルの中から通知されたインターリープ5 パターン番号のインターリープパターンを読み出してインターリープを行い、モジュレーションダイバーシチ変調されたデータを受信機に送信する。

また上述した実施の形態では、受信機にて各サブキャリアの回線品質を測定する場合について述べたが、アクセス方式によっては送信機にて各サブキャリアの回線品質を測定するようにしてもよい。このようにすれば、受信機から送10 信機に回線品質情報を送らなくて済むのでフィードバックデータを削減することができる。例えばアクセス方式としてTDD (Time Division Duplex) 方式を用いている場合などが挙げられる。TDD方式は、上り回線と下り回線で同じ周波数帯を用い、時分割で通信を行う方式である。つまり、上り回線と下り回線が同じ回線状態となる。このことを利用することで、フィードバックデータ15 を削減できる。

例えば、実施の形態1のように回線品質を順位付けてインターリープパターンを決定する場合には、送信機にて受信したパイロット信号等からサブキャリア毎の回線品質を測定し、その回線品質に基づいてサブキャリアの順位付けを行うことによりインターリープパターンを決定し、決定したインターリープ20 パターンでモジュレーションダイバーシチ変調を行って、モジュレーションダイバーシチ変調されたデータとインターリープパターン情報を送信する。受信機は、通知されたインターリープパターンを用いて復調を行う。

また実施の形態2、3のようにインターリープパターンテーブルを設ける場合には、送信機にて受信したパイロット信号等からサブキャリア毎の回線品質25 を測定し、その回線品質に基づいて送信機にて予め記憶してあったインターリープパターンから最もダイバーシチゲインの得られるものを選択し、送信機から受信機へモジュレーションダイバーシチ変調されたデータとインターリー

ブパターン番号を併せて送信する。受信機は、インターリーブパターンテーブルから通知されたインターリーブパターン番号のインターリーブパターンを読み出してこれを用いて復調を行う。

さらに上述した実施の形態では、インターリーブパターン設定部108、6  
5 05によって、 $I_{ch}$ 成分と $Q_{ch}$ 成分が割り当てられるサブキャリアの回線品質の順位の和が各シンボル間で等しくなるようなインターリーブパターンを設定する場合について説明したが、必ずしも丁度等しくする必要はなく、 $I_{ch}$ 成分と $Q_{ch}$ 成分が割り当てられるサブキャリアの回線品質の順位の和が各シンボル間で平均化されるようないインターリーブパターンを設定すれば実施の形態と同様の効果を得ることができる。  
10

本発明のマルチキャリア送信装置の一つの態様においては、送信データから $I_{ch}$ 成分及び $Q_{ch}$ 成分からなるシンボルを形成するシンボル形成部と、この $I_{ch}$ 成分及び又は $Q_{ch}$ 成分を各成分独立にインターリープするインターリーバと、インターリービング後の $I_{ch}$ 成分と $Q_{ch}$ 成分を合成することにより、モジュレーションダイバーシチ変調シンボルを得るIQ合成部と、各モジュレーションダイバーシチ変調シンボルを互いに直交する複数のサブキャリアのいずれかに割り当てて、モジュレーションダイバーシチ変調シンボルによって各サブキャリアを変調するOFDM変調部と、各サブキャリアの回線品質に応じて前記インターリーバにおけるインターリーブパターンを設定するインターリーブパターン設定部とを具備する構成を探る。  
15  
20

この構成によれば、各サブキャリアの回線品質に応じてモジュレーションダイバーシチ変調でのインターリーブパターンが適応的に変えられるので、伝搬路特性に応じた良好なダイバーシチゲインを得ることができるようになる。

本発明のマルチキャリア送信装置の一つの態様においては、さらに、前記各  
25 サブキャリアの回線品質を順位付けする順位付け部を具備し、前記インターリーブパターン設定部は、インターリーブ前のシンボルの $I_{ch}$ 成分と $Q_{ch}$ 成分が割り当てられるサブキャリアの前記順位の和が各シンボル間で平均化さ

れるようなインターリープパターンを設定する構成を探る。

この構成によれば、インターリープ前のシンボル間で、 $I_{ch}$ 成分と $Q_{ch}$ 成分の回線品質の和がほぼ等しくなるようなインターリープパターンを設定することができる。この結果、全てのシンボルについてムラ無くダイバーシチ  
5 ゲインを得ることができるようになるので、全体的な誤り率特性を向上させることができるようになる。

本発明のマルチキャリア送信装置の一つの態様においては、さらに、複数のインターリープパターンが記憶されたインターリープパターン記憶部を具備し、前記インターリープパターン設定部は、予め前記複数のインターリープパ  
10 ターンと各サブキャリアの回線品質とを用いてシミュレーションを行い、前記複数のインターリープパターンの中から最も良いモジュレーションダイバーシチ効果の得られるインターリープパターンを前記インターリーバで用いるインターリープパターンとして選択する構成を探る。

この構成によれば、予め用意されたインターリープパターンの中から最適な  
15 インターリープパターンを選択するようにしたので、インターリープパターンの選択が容易となる。また受信側でのデインターリープパターンを受信側に通知する際にインターリープパターン番号のみを伝送すればよくなるため、伝送情報量を低減することができる。

本発明のマルチキャリア送信装置の一つの態様においては、前記インターリ  
20 ープパターン設定部は、 $I_{ch}$ 成分用のインターリープパターン及び又は $Q_{ch}$ 成分用のインターリープパターンを用いて各サブキャリアの回線品質値をインターリープするインターリーバと、インターリープ後の $I_{ch}$ の回線品質値と $Q_{ch}$ の回線品質値とをサブキャリア単位で加算する加算部と、加算結果の分散値を計算する分散計算部と、複数のインターリープパターンの中から分散の最も小さいインターリープパターンを選択する最小値算出部とを具備する構成を探る。

本発明のマルチキャリア送信装置の一つの態様においては、前記インターリ

ープパターン設定部は、 $I_{ch}$ 成分用のインターリープパターン及び又は $Q_{ch}$ 成分用のインターリープパターンを用いて前記各サブキャリアの回線品質値をインターリープするインターリーバと、インターリープ後の $I_{ch}$ の回線品質値と $Q_{ch}$ の回線品質値とをサブキャリア単位で減算する減算部と、サブ  
5 キャリア単位の減算結果の絶対値の和を計算する絶対値加算部と、複数のイン  
ターリープパターンの中から前記絶対値の和の最も大きいインターリープパ  
ターンを選択する最大値算出部とを具備する構成を探る。

これらの構成によれば、 $I_{ch}$ 成分が割り当てられるであろうサブキャリア  
の回線品質と、 $Q_{ch}$ 成分が割り当てられるであろうサブキャリアの回線品質  
10 の和がシンボル間であまり変動しないインターリープパターンを選択するこ  
とができる。この結果、全てのシンボルで平均的なモジュレーションダイバー  
シチゲインを得ることができるようになる。

本発明のマルチキャリア送信装置の一つの態様においては、さらに、前記イ  
ンターリープパターン設定部によって設定した前記インターリープパターン  
15 の情報を送信信号に挿入するインターリープ情報挿入部を具備する構成を探  
る。

この構成によれば、受信側では、挿入されたインターリープパターン情報に  
に基づいて的確にデインターリープ処理を行うことができるようになる。

本発明のマルチキャリア送信装置の一つの態様においては、前記インターリ  
20 プパターン設定部は、回線品質がある値以下のサブキャリアには前記 $I_{ch}$   
成分及び $Q_{ch}$ 成分が割り当てられないインターリープパターンを設定する  
構成を探る。

この構成によれば、受信側でシンボル誤りが発生する可能性の高いサブキャ  
リアにはシンボルが割り当てられなくなるので、無駄な送信電力を削減するこ  
25 とができるようになる。

本発明のマルチキャリア送信装置の一つの態様においては、前記インターリ  
ープパターン設定部は、前記サブキャリアの回線品質が高品質及び低品質のサ

ブキャリアに割り当てる前記 I<sub>c</sub>h 成分及び Q<sub>c</sub>h 成分に対しては、サブキャリアの回線品質に応じた適応インターリープパターンを設定すると共に、前記サブキャリアの回線品質が中程度のサブキャリアに割り当てる前記 I<sub>c</sub>h 成分及び Q<sub>c</sub>h 成分に対しては、ランダムインターリープパターンを設定する構成を探る。

この構成によれば、マルチキャリア受信装置では、サブキャリアが中程度のサブキャリアについての回線品質情報はマルチキャリア送信装置にフィードバックしないので、この分だけフィードバック情報量を減らすことができるようになる。因みに、回線品質が中程度のサブキャリアについては、回線品質に応じた適応的なインターリープパターンを行ってもランダムインターリープとほとんどダイバーシチ効果が変わらない。よって、ダイバーシチ効果を維持しつつ、フィードバック情報量を有効に削減することができるようになる。

本発明のマルチキャリア送信装置の一つの態様においては、順次入力されるシンボル各々について、互いに同一の第 1 及び第 2 のシンボルを形成する繰り返しシンボル形成部を、さらに具備し、前記インターリープパターン設定部は、前記第 1 のシンボルの I<sub>c</sub>h と前記第 2 のシンボルの Q<sub>c</sub>h が順次回線品質の良いサブキャリアから順に割り当てられると共に、前記第 1 のシンボルの Q<sub>c</sub>h と前記第 2 のシンボルの I<sub>c</sub>h が順次回線品質の悪いサブキャリアから順に割り当てられるインターリープパターンを設定する構成を探る。

この構成によれば、受信側において得られる、第 1 のシンボルと第 2 のシンボルの合成シンボルの信号点間距離の最小値が平均的に大きくなるので、合成シンボルのビット中に誤り易いビットと誤りにくいビットが生じることを防ぐことができるようになる。

本発明のマルチキャリア受信装置の一つの態様においては、受信したマルチキャリア信号の各サブキャリアに重畠されたモジュレーションダイバーシチシンボルを抽出する OFDM 復調部と、各サブキャリアの回線品質に応じたインターリープパターンを用いて、モジュレーションダイバーシチ変調シンボル

の I c h 成分及び又は Q c h 成分をデインターリープするデインターリーバと、デインターリープ後の I c h 成分と Q c h 成分を合成する I Q 合成部と、合成後のシンボルをデマッピングすることにより受信データを得るデマッピング部とを具備する構成を探る。

- 5 本発明のマルチキャリア受信装置の一つの態様においては、前記デインターリーバは、送信側から伝送されたインターリープ情報に基づくインターリープパターンを用いてデインターリープ処理を行う構成を探る。

これらの構成によれば、マルチキャリア送信装置において回線品質に応じて適応的にインターリープパターンを変えたモジュレーションダイバーシチ変調処理を行った信号を送信した場合に、受信モジュレーションダイバーシチシンボルからの的確に変調前の受信データを得ることができる。

- 本発明のマルチキャリア受信装置の一つの態様においては、各サブキャリアの回線品質を求める伝搬路状態推定部と、前記各サブキャリアの回線品質を示す情報を、前記モジュレーションダイバーシチ変調シンボルが重畠された信号を送信するマルチキャリア送信装置に送信する送信部と、を具備し、複数の隣接サブキャリアをグループ分けし、前記各サブキャリアの回線品質情報をうち、各グループにつき 1 つの回線品質情報を前記マルチキャリア送信装置に送信する構成を探る。

- 本発明のマルチキャリア受信装置の一つの態様においては、各サブキャリアの回線品質を求める伝搬路状態推定部と、前記各サブキャリアの回線品質を示す情報を、前記モジュレーションダイバーシチ変調シンボルが重畠された信号を送信するマルチキャリア送信装置に送信する送信部と、を具備し、前記モジュレーションダイバーシチ変調シンボルが重畠された信号を送信するマルチキャリア送信装置の受信部に対して、各サブキャリアの回線品質を示す情報を送信する送信部を、さらに具備し、この送信部は、ドップラー周波数が大きくなるほど短い時間間隔で前記回線品質情報を前記マルチキャリア送信装置に送信する構成を探る。

本発明のマルチキャリア受信装置の一つの態様においては、各サブキャリアの回線品質を求める伝搬路状態推定部と、前記各サブキャリアの回線品質を示す情報を、前記モジュレーションダイバーシチ変調シンボルが重畳された信号を送信するマルチキャリア送信装置に送信する送信部と、を具備し、ドップラ一周波数がある値以上になった場合には、前記各サブキャリアの回線品質を示す情報を前記マルチキャリア送信装置に送信することを止める構成を探る。

本発明のマルチキャリア受信装置の一つの態様においては、各サブキャリアの回線品質を求める伝搬路状態推定部と、前記各サブキャリアの回線品質を示す情報を、前記モジュレーションダイバーシチ変調シンボルが重畳された信号を送信するマルチキャリア送信装置に送信する送信部と、を具備し、前記各サブキャリアの回線品質を回線品質の程度に応じてクラス分けし、前記各サブキャリアの回線品質を示す情報として、各サブキャリアのクラスを示す情報を前記マルチキャリア送信装置に送信する構成を探る。

これらの構成によれば、フィードバックデータ量又はフィードバック回数を抑えつつ、マルチキャリア送信装置に的確な回線品質情報を通知できるようになる。

本発明のマルチキャリア通信方法の一つの態様においては、各サブキャリアの回線品質を検出するステップと、各サブキャリアの回線品質に応じて適応的に I ch 成分及び又は Q ch 成分のインターリープパターンを変えながらモジュレーションダイバーシチ変調を行うモジュレーションダイバーシチ変調ステップとを含むようにする。

本発明は、上述した実施の形態に限定されずに、種々変更して実施することができる。

以上説明したように本発明によれば、モジュレーションダイバーシチ変復調技術を行う場合に、一段と誤り率特性を向上させることができるようになる。

本明細書は、2003年7月14日出願の特願2003-274366に基づく。その内容はすべてここに含めておく。

### 産業上の利用可能性

本発明は、モジュレーションダイバーシチ変復調を行う無線通信機器に広く適用できる。

## 請求の範囲

1. 送信データから  $I_{ch}$  成分及び  $Q_{ch}$  成分からなるシンボルを得るシンボル形成部と、

前記  $I_{ch}$  成分及び又は  $Q_{ch}$  成分を各成分独立にインターリープするインターリーバと、

インターリーピング後の  $I_{ch}$  成分と  $Q_{ch}$  成分を合成することにより、モジュレーションダイバーシチ変調シンボルを得る IQ合成部と、

各モジュレーションダイバーシチ変調シンボルを互いに直交する複数のサブキャリアのいずれかに割り当てて、モジュレーションダイバーシチ変調シンボルによって各サブキャリアを変調する OFDM変調部と、

前記各サブキャリアの回線品質に応じて前記インターリーバにおけるインターリープパターンを設定するインターリープパターン設定部とを具備するマルチキャリア送信装置。

2. 前記各サブキャリアの回線品質を順位付けする順位付け部を、さらに具備し、

前記インターリープパターン設定部は、インターリープ前の前記シンボルの  $I_{ch}$  成分と  $Q_{ch}$  成分が割り当てられるサブキャリアの前記順位の和が各シンボル間で平均化されるようなインターリープパターンを設定する請求項 1 に記載のマルチキャリア送信装置。

3. 複数のインターリープパターンが記憶されたインターリープパターン記憶部を、さらに具備し、

前記インターリープパターン設定部は、予め前記複数のインターリープパターンと各サブキャリアの回線品質とを用いてシミュレーションを行い、前記複数のインターリープパターンの中から最も良いモジュレーションダイバーシチ効果の得られるインターリープパターンを前記インターリーバで用いるインターリープパターンとして選択する

請求項 1 に記載のマルチキャリア送信装置。

4. 前記インターリープパターン設定部は、

I c h 成分用のインターリープパターン及び又はQ c h 成分用のインターリープパターンを用いて前記各サブキャリアの回線品質値をインターリープするインターリーバと、

5 インターリープ後の I c h の回線品質値と Q c h の回線品質値とをサブキャリア単位で加算する加算部と、

加算結果の分散値を計算する分散計算部と、

複数のインターリープパターンの中から分散の最も小さいインターリープパターンを選択する最小値算出部と

10 を具備する請求項 1 に記載のマルチキャリア送信装置。

5. 前記インターリープパターン設定部は、

I c h 成分用のインターリープパターン及び又はQ c h 成分用のインターリープパターンを用いて前記各サブキャリアの回線品質値をインターリープするインターリーバと、

15 インターリープ後の I c h の回線品質値と Q c h の回線品質値とをサブキャリア単位で減算する減算部と、

サブキャリア単位の減算結果の絶対値の和を計算する絶対値加算部と、

複数のインターリープパターンの中から前記絶対値の和の最も大きいインターリープパターンを選択する最大値算出部と

20 を具備する請求項 1 に記載のマルチキャリア送信装置。

6. 前記インターリープパターン設定部によって設定した前記インターリープパターンの情報を送信信号に挿入するインターリープ情報挿入部を、さらに具備する

請求項 1 に記載のマルチキャリア送信装置。

25 7. 前記インターリープパターン設定部は、回線品質がある値以下のサブキャリアには前記 I c h 成分及びQ c h 成分が割り当てられないインターリープパターンを設定する

請求項 1 に記載のマルチキャリア送信装置。

8. 前記インターリープパターン設定部は、前記サブキャリアの回線品質が高品質及び低品質のサブキャリアに割り当てる前記  $I_{ch}$  成分及び  $Q_{ch}$  成分に対しては、サブキャリアの回線品質に応じた適応インターリープパターンを設定すると共に、前記サブキャリアの回線品質が中程度のサブキャリアに割り当てる前記  $I_{ch}$  成分及び  $Q_{ch}$  成分に対しては、ランダムインターリープパターンを設定する

請求項 1 に記載のマルチキャリア送信装置。

9. 順次入力されるシンボル各々について、互いに同一の第 1 及び第 2 のシンボルを形成する繰り返しシンボル形成部を、さらに具備し、前記インターリープパターン設定部は、前記第 1 のシンボルの  $I_{ch}$  と前記第 2 のシンボルの  $Q_{ch}$  が順次回線品質の良いサブキャリアから順に割り当てられると共に、前記第 1 のシンボルの  $Q_{ch}$  と前記第 2 のシンボルの  $I_{ch}$  が順次回線品質の悪いサブキャリアから順に割り当てられるインターリープパターンを設定する

請求項 1 に記載のマルチキャリア送信装置。

10. 受信したマルチキャリア信号の各サブキャリアに重畠されたモジュレーションダイバーシチ変調シンボルを抽出する OFDM 復調部と、各サブキャリアの回線品質に応じたインターリープパターンを用いて、前記モジュレーションダイバーシチ変調シンボルの  $I_{ch}$  成分及び又は  $Q_{ch}$  成分をデインターリープするデインターリーバと、デインターリープ後の  $I_{ch}$  成分と  $Q_{ch}$  成分を合成する IQ 合成部と、合成後のシンボルをデマッピングすることにより受信データを得るデマッピング部と

25 を具備するマルチキャリア受信装置。

11. 前記デインターリーバは、送信側から伝送されたインターリープ情報に基づくインターリープパターンを用いてデインターリープ処理

を行う

請求項 10 に記載のマルチキャリア受信装置。

12. 各サブキャリアの回線品質を求める伝搬路状態推定部と、  
前記各サブキャリアの回線品質を示す情報を、前記モジュレーションダイバ  
5 ー・シチ変調シンボルが重畳された信号を送信するマルチキャリア送信装置に  
送信する送信部と、を具備し、

複数の隣接サブキャリアをグループ分けし、前記各サブキャリアの回線品質  
情報のうち、各グループにつき 1 つの回線品質情報を前記マルチキャリア送信  
装置に送信する

10 請求項 10 に記載のマルチキャリア受信装置。

13. 各サブキャリアの回線品質を求める伝搬路状態推定部と、  
前記各サブキャリアの回線品質を示す情報を、前記モジュレーションダイバ  
ー・シチ変調シンボルが重畳された信号を送信するマルチキャリア送信装置に  
送信する送信部と、を具備し、

15 ドップラー周波数が大きくなるほど短い時間間隔で前記回線品質情報を前  
記マルチキャリア送信装置に送信する

請求項 10 に記載のマルチキャリア受信装置。

14. 各サブキャリアの回線品質を求める伝搬路状態推定部と、  
前記各サブキャリアの回線品質を示す情報を、前記モジュレーションダイバ  
20 ー・シチ変調シンボルが重畳された信号を送信するマルチキャリア送信装置に  
送信する送信部と、を具備し、

ドップラー周波数がある値以上になった場合には、前記各サブキャリアの回  
線品質を示す情報を前記マルチキャリア送信装置に送信することを止める

請求項 10 に記載のマルチキャリア受信装置。

25 15. 各サブキャリアの回線品質を求める伝搬路状態推定部と、  
前記各サブキャリアの回線品質を示す情報を、前記モジュレーションダイバ  
ー・シチ変調シンボルが重畳された信号を送信するマルチキャリア送信装置に

送信する送信部と、を具備し、

前記各サブキャリアの回線品質を回線品質の程度に応じてクラス分けし、前記各サブキャリアの回線品質を示す情報として、各サブキャリアのクラスを示す情報を前記マルチキャリア送信装置に送信する

5 請求項 10 に記載のマルチキャリア送信装置。

16. 各サブキャリアの回線品質を検出するステップと、

各サブキャリアの回線品質に応じて適応的に I c h 成分及び又は Q c h 成分のインターリーブパターンを変えながらモジュレーションダイバーシチ変調を行うモジュレーションダイバーシチ変調ステップと

10 を含むマルチキャリア通信方法。

1/22

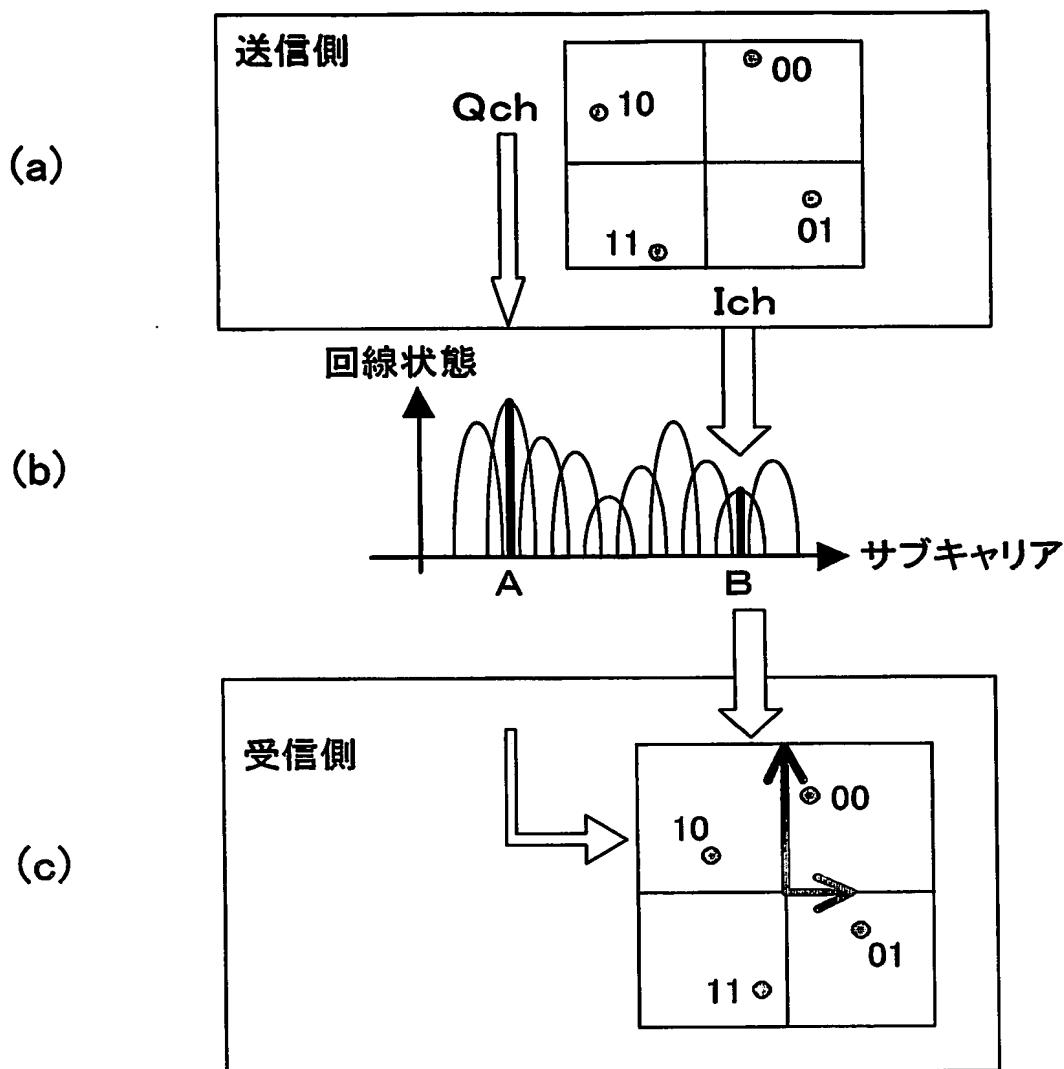


図 1  
(PRIOR ART)

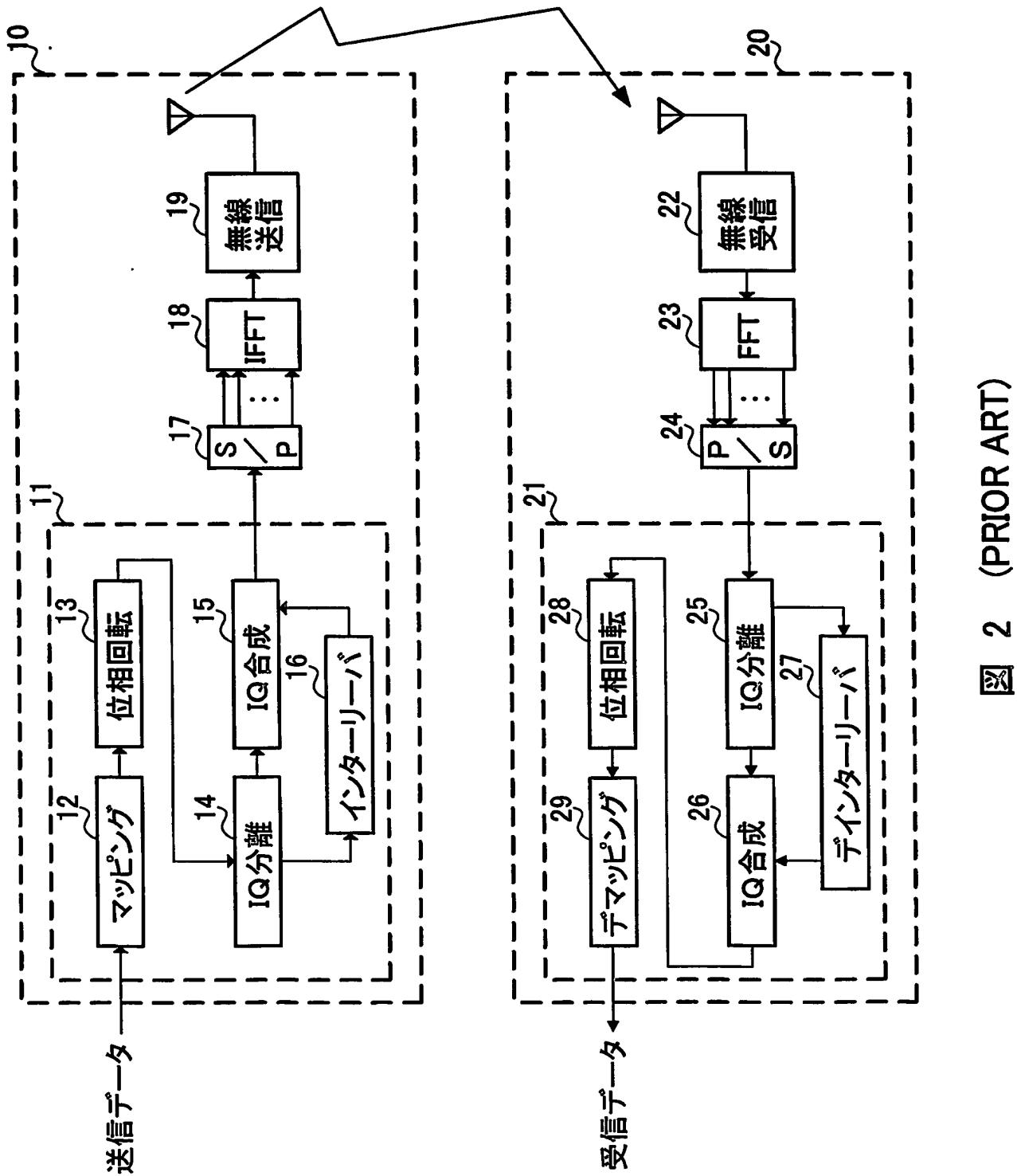


図 2 (PRIOR ART)

3/22

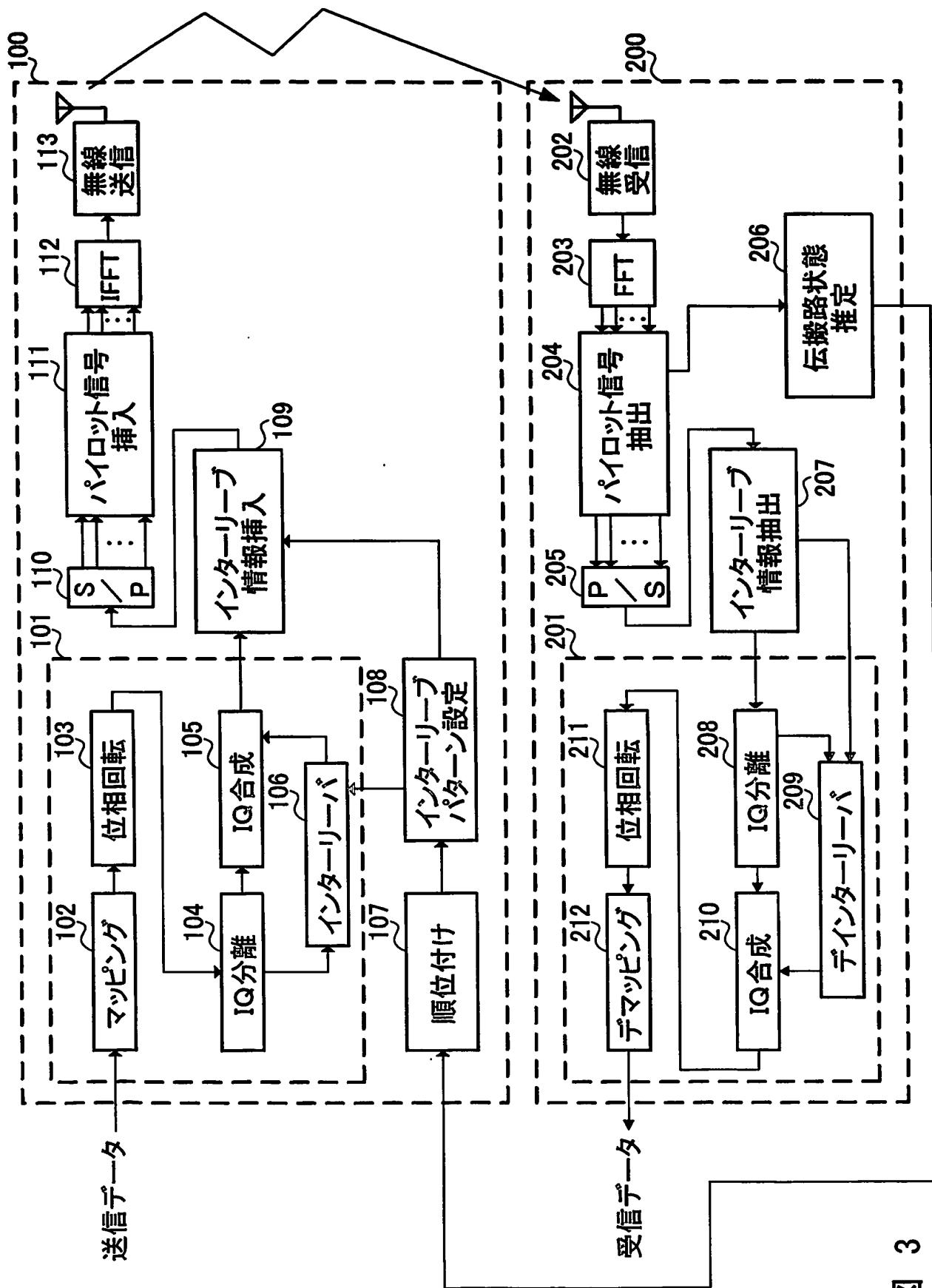


図 3

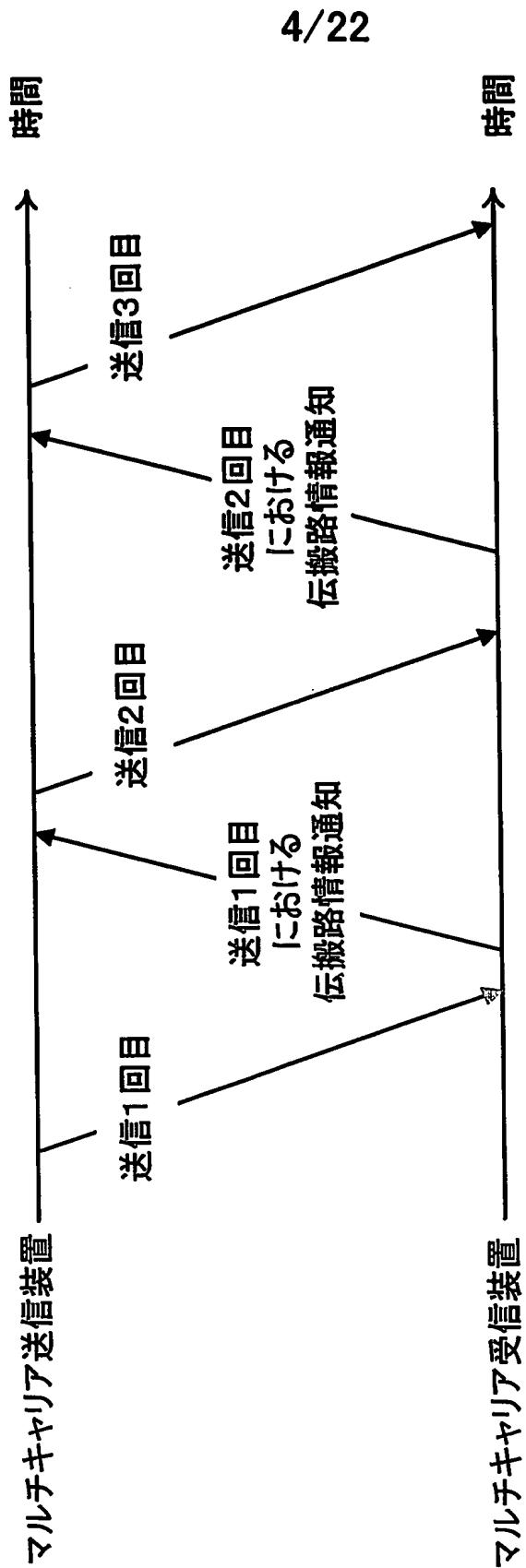
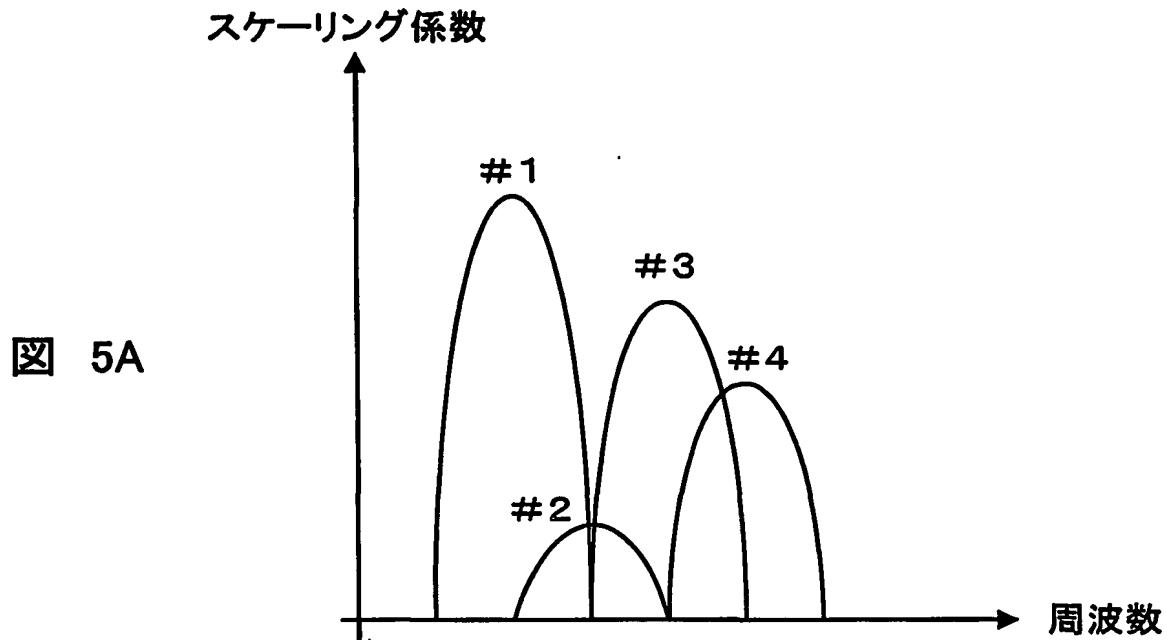


図 4



サブキャリア番号	#1	#2	#3	#4
スケーリング係数値 C	5	1	3	2
スケーリング係数の順位付け	1	4	2	3
送信シンボルI <sub>ch</sub> 割り当て	i <sub>1</sub>	i <sub>2</sub>	i <sub>3</sub>	i <sub>4</sub>
(1)式から導出した 送信シンボルQ <sub>ch</sub> 割り当て	q <sub>2</sub>	q <sub>1</sub>	q <sub>4</sub>	q <sub>3</sub>
2サブキャリアシフトの インターバルを用いた場合の 送信シンボルQ <sub>ch</sub> 割り当て	q <sub>3</sub>	q <sub>4</sub>	q <sub>1</sub>	q <sub>2</sub>

図 5B

6/22

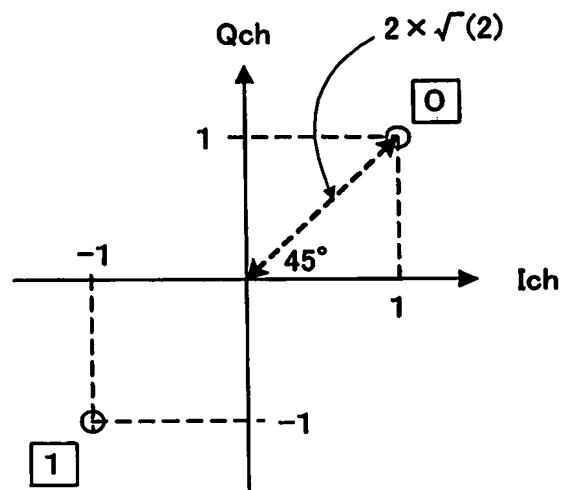


図 6

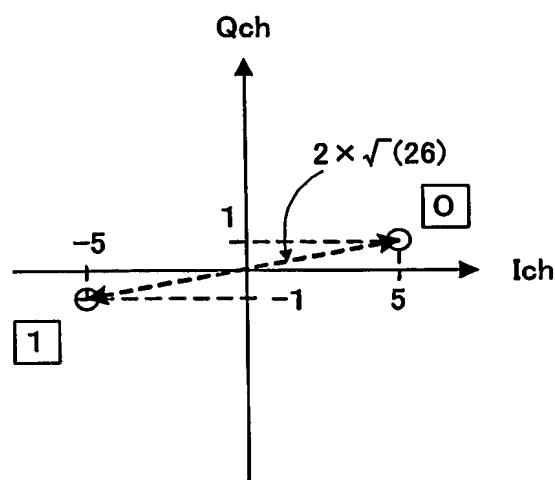


図 7

7/22

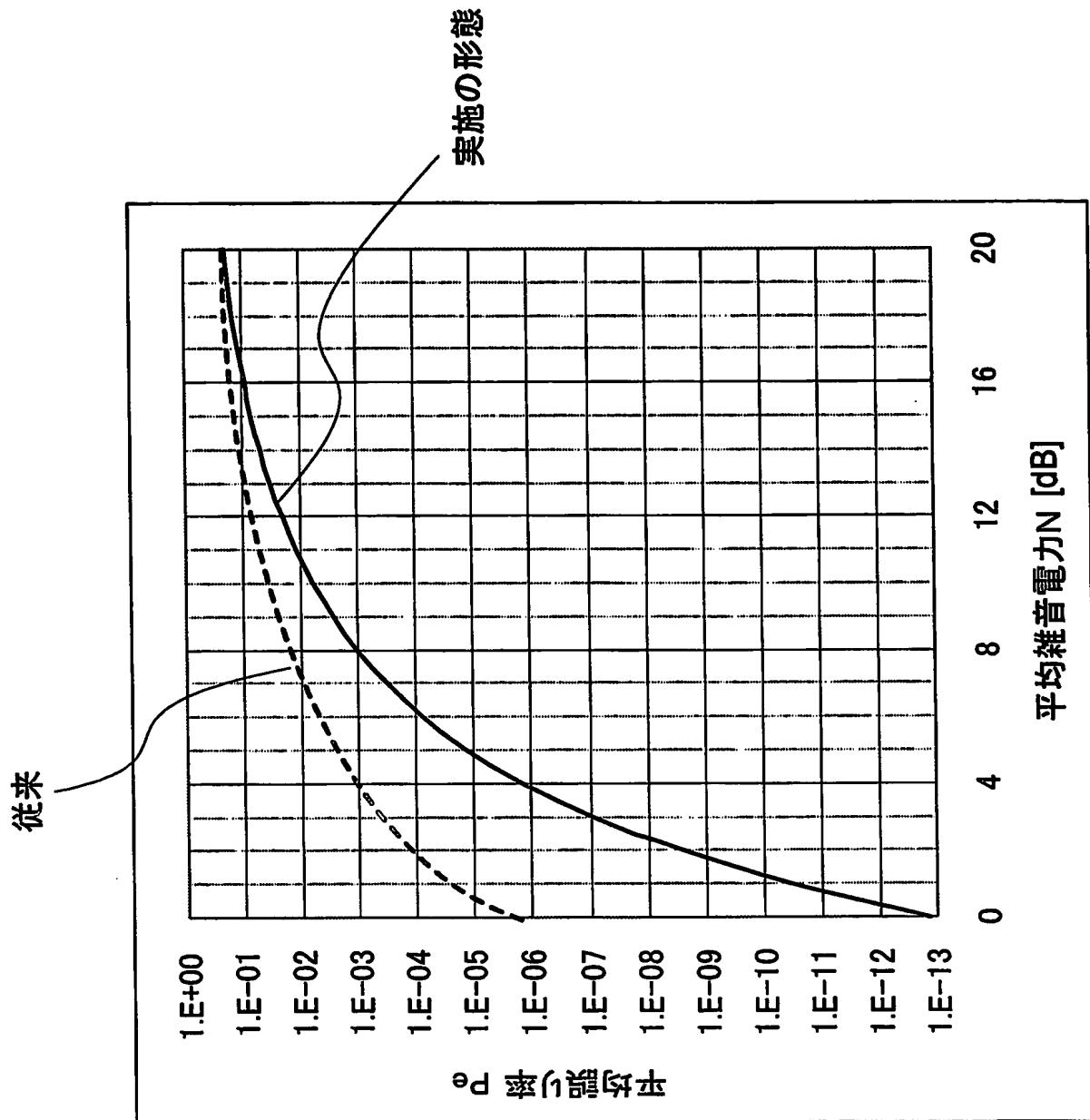


図 8

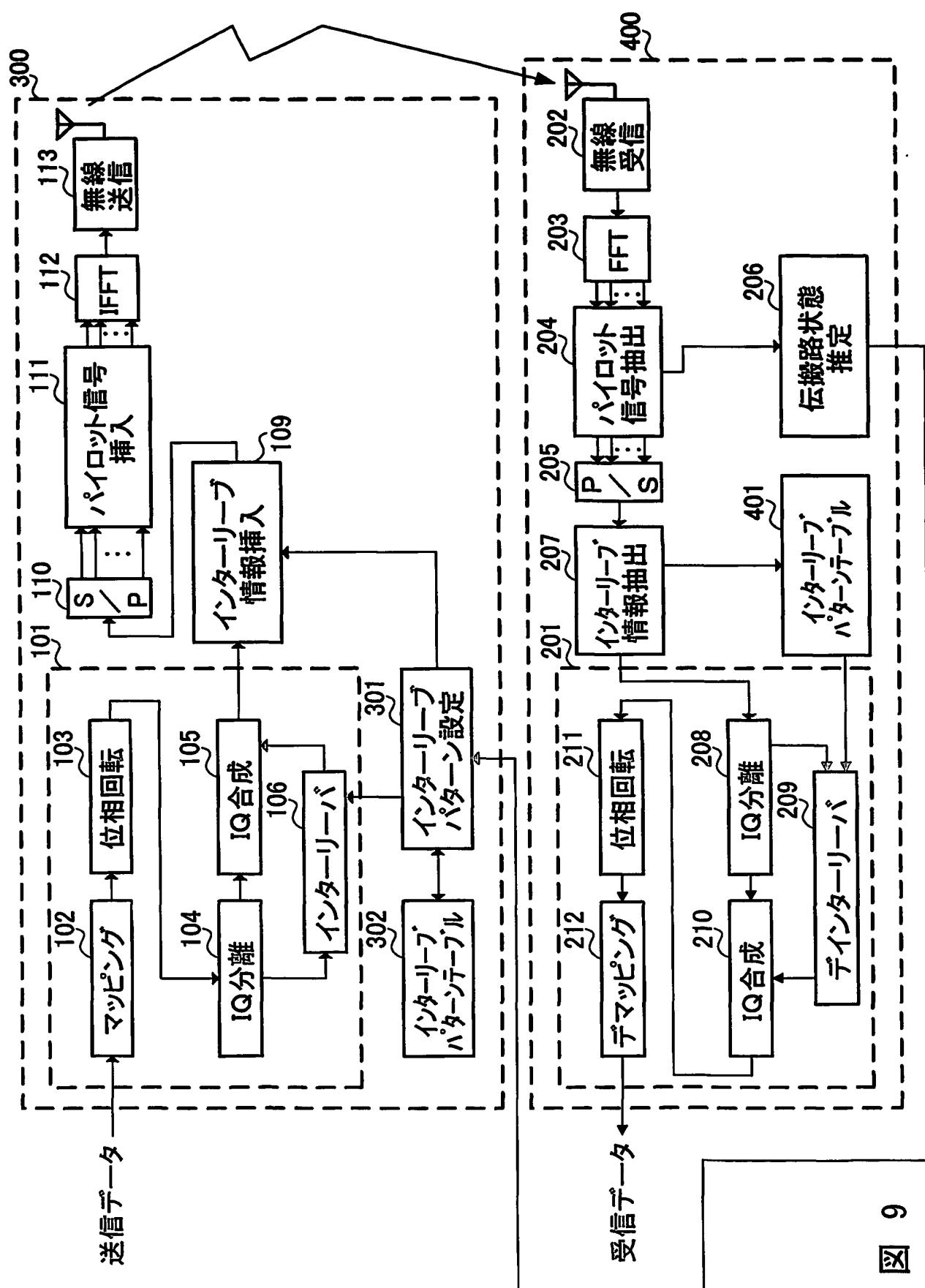


図 9

9/22

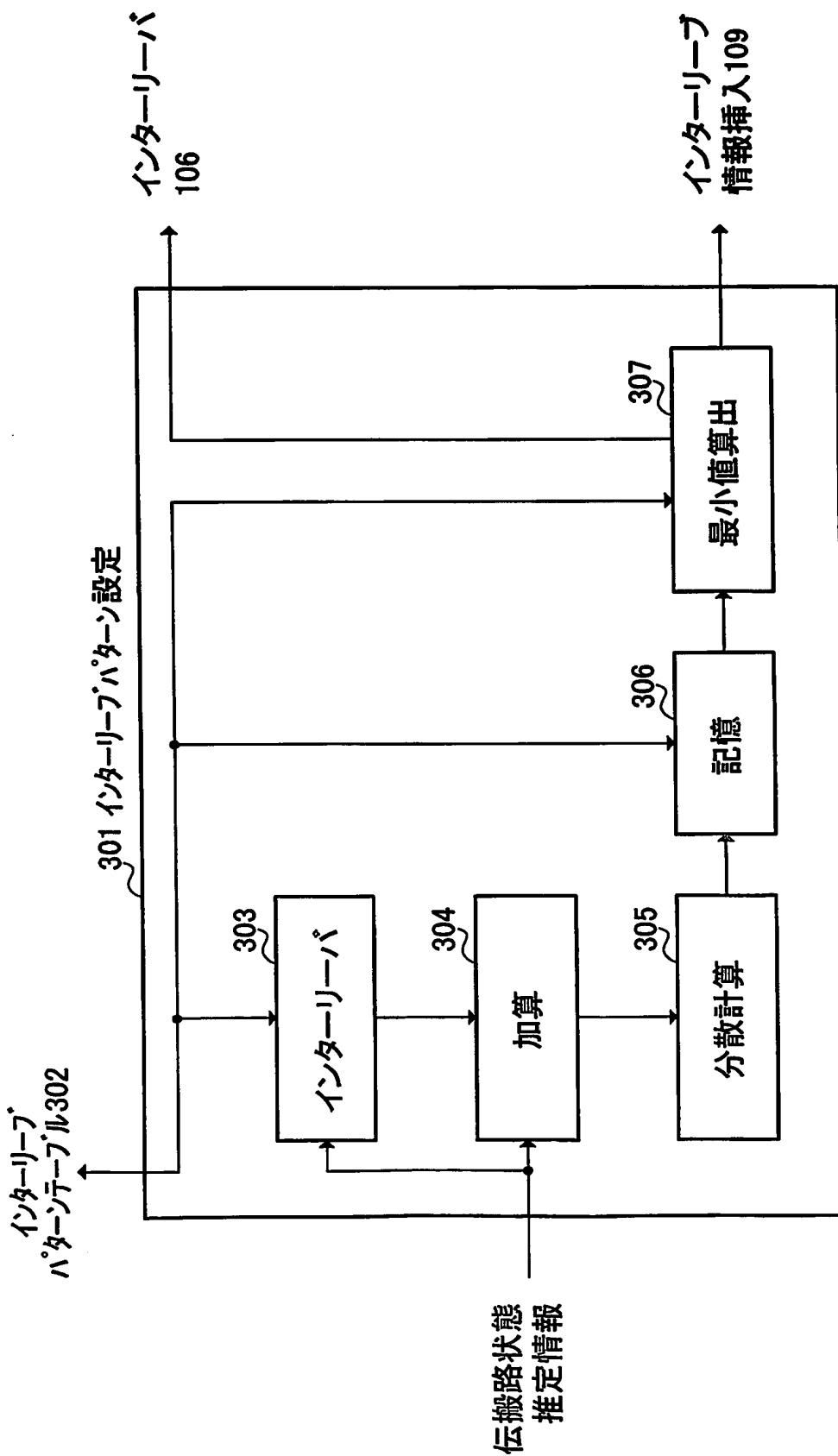


図 10

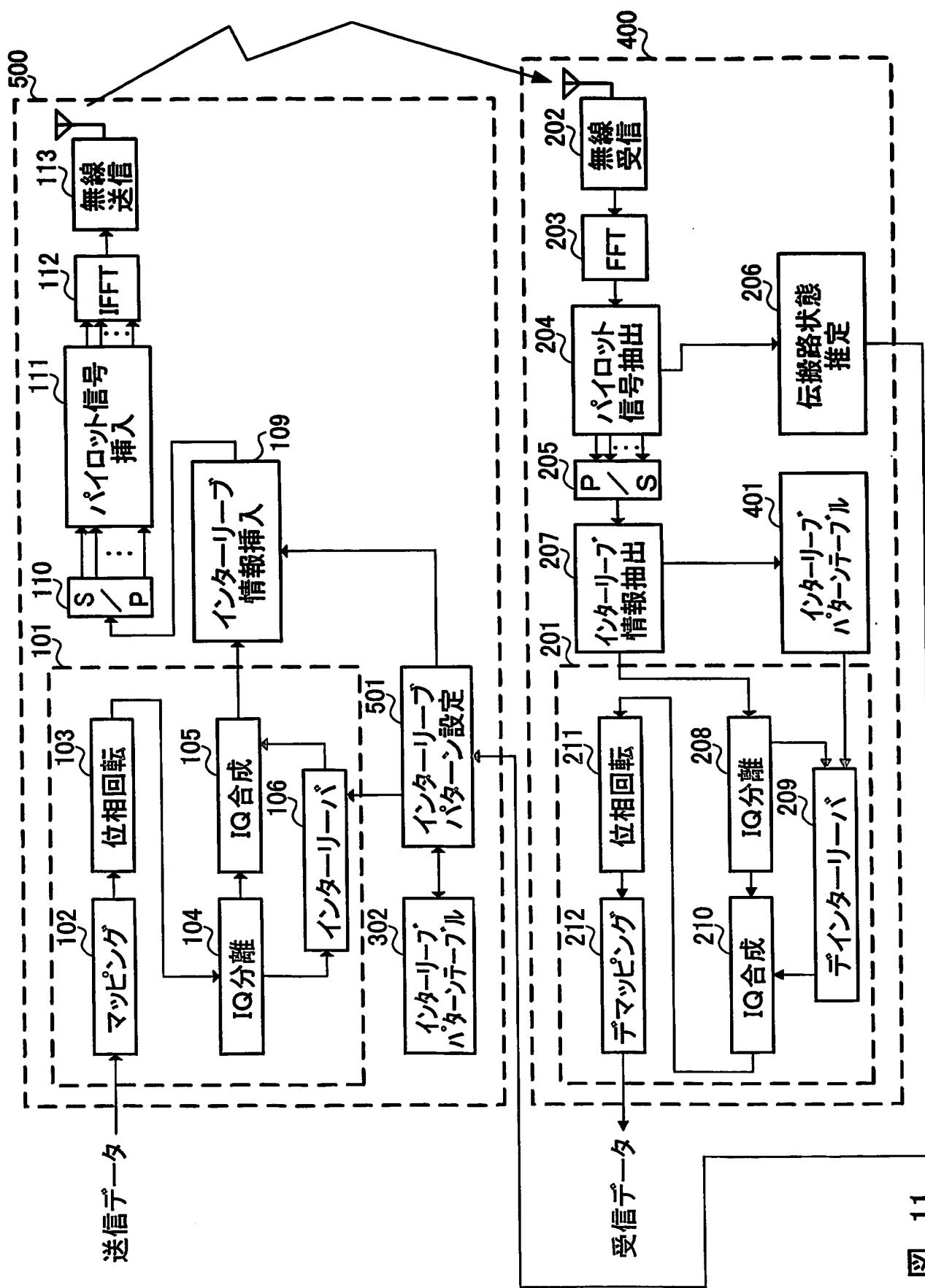


図 11

11/22

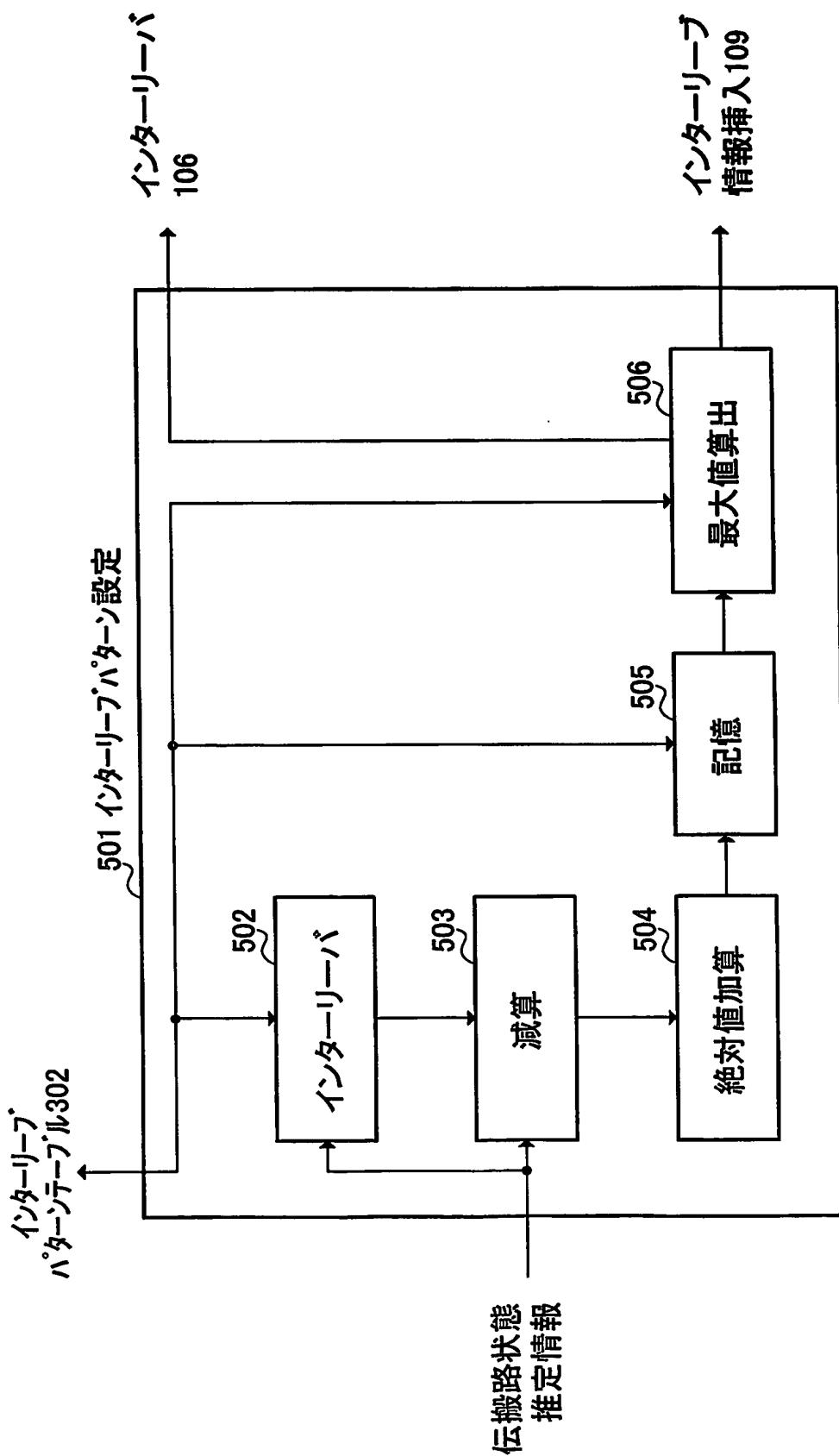
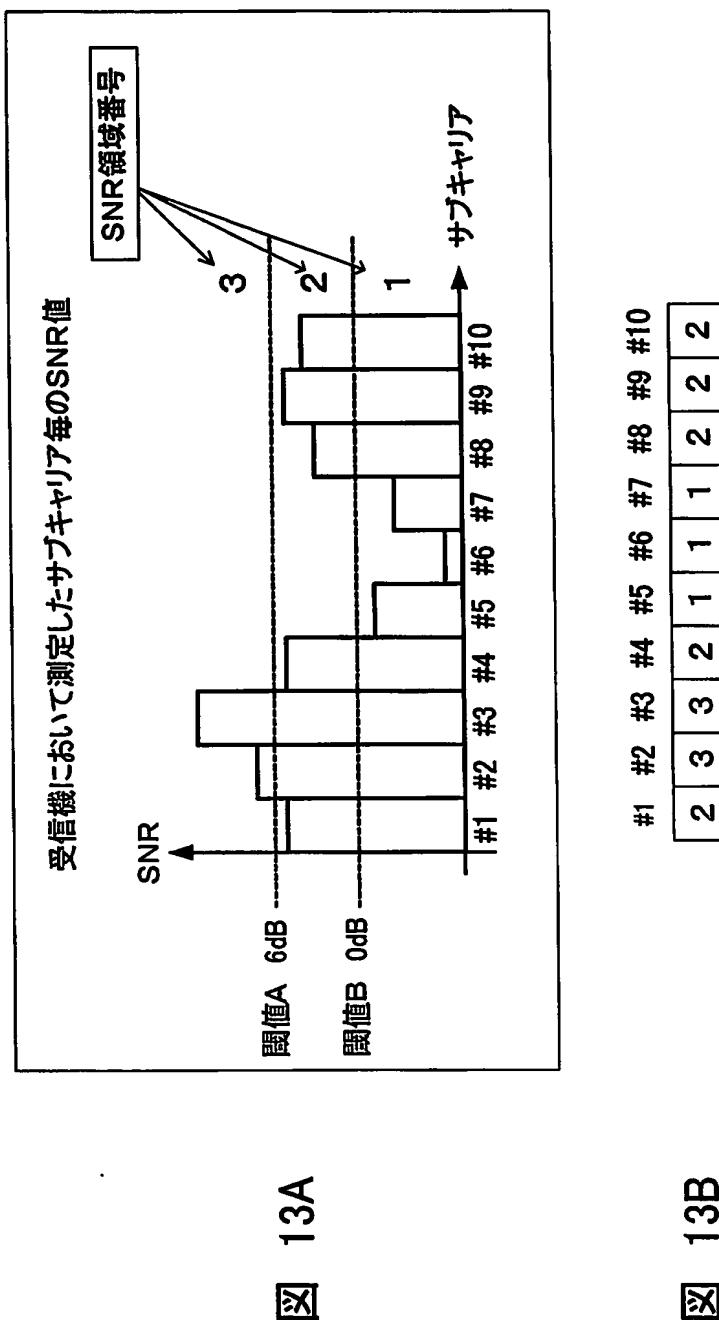


図 12

12/22



13/22

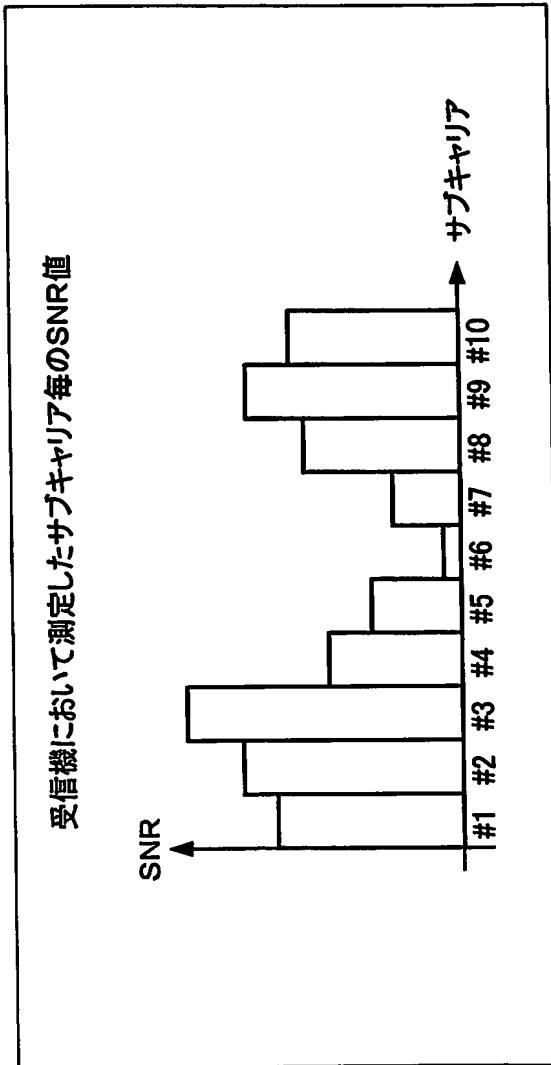


図 14A

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
#3	#2	#9	#1	#10	#8	#4	#5	#7	#6

図 14B

14/22

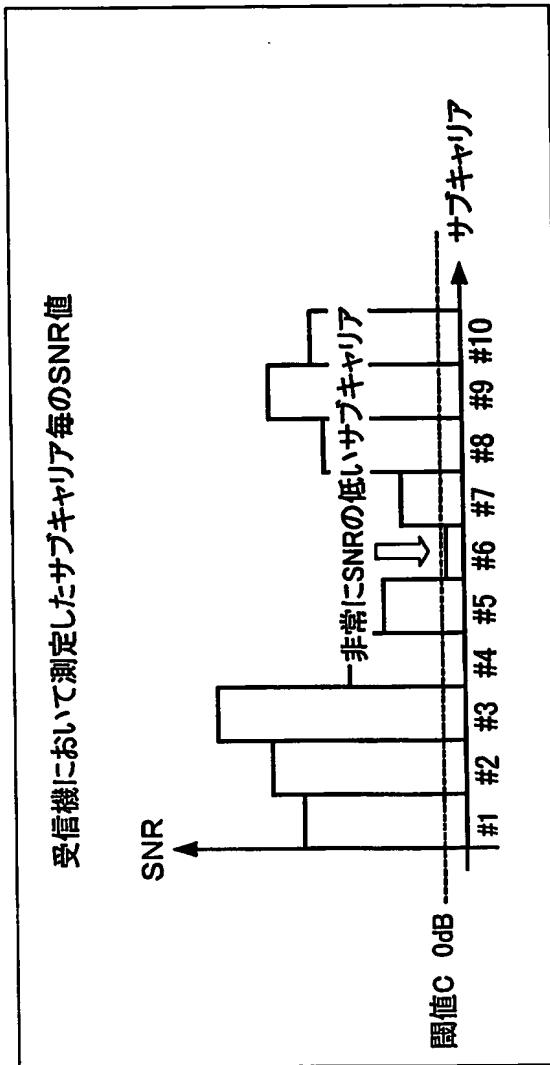


図 15A

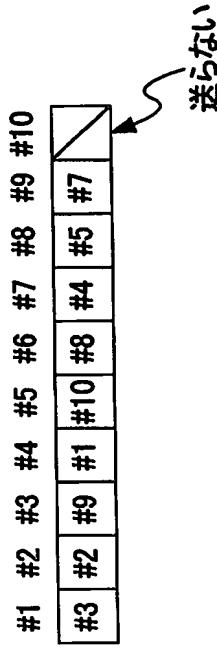


図 15B

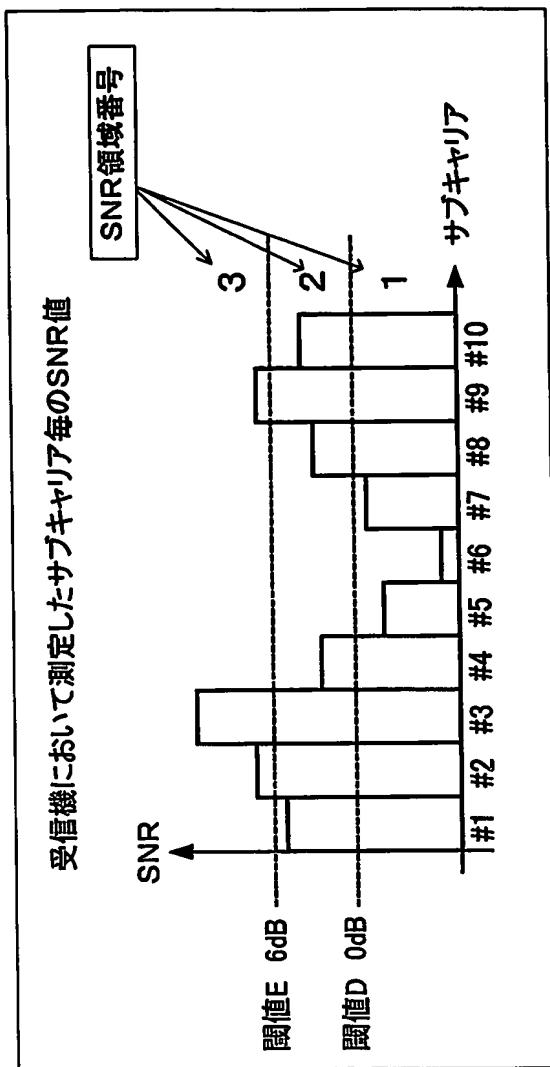


図 16A

1	2	3
#3	#2	#9

図 16B

1	2	3
#6	#5	#7

図 16C

#1	#6	#8	#4
----	----	----	----

図 16D

送らない

16/22

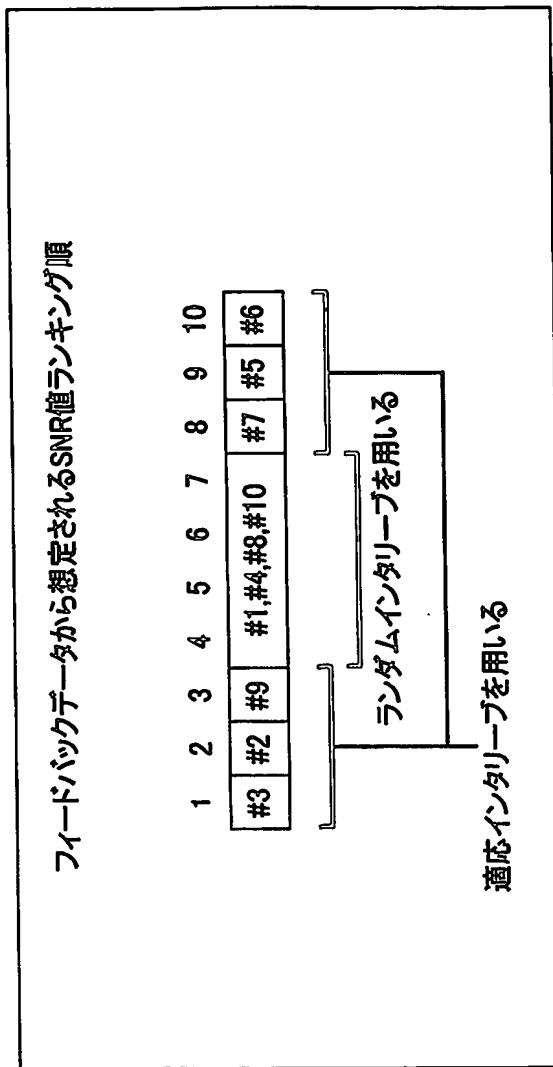


図 17

17/22

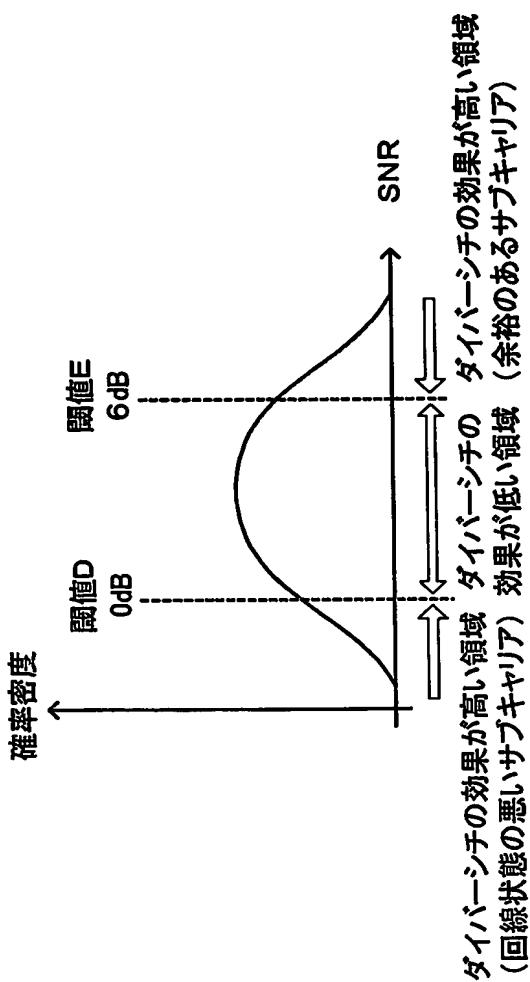


図 18

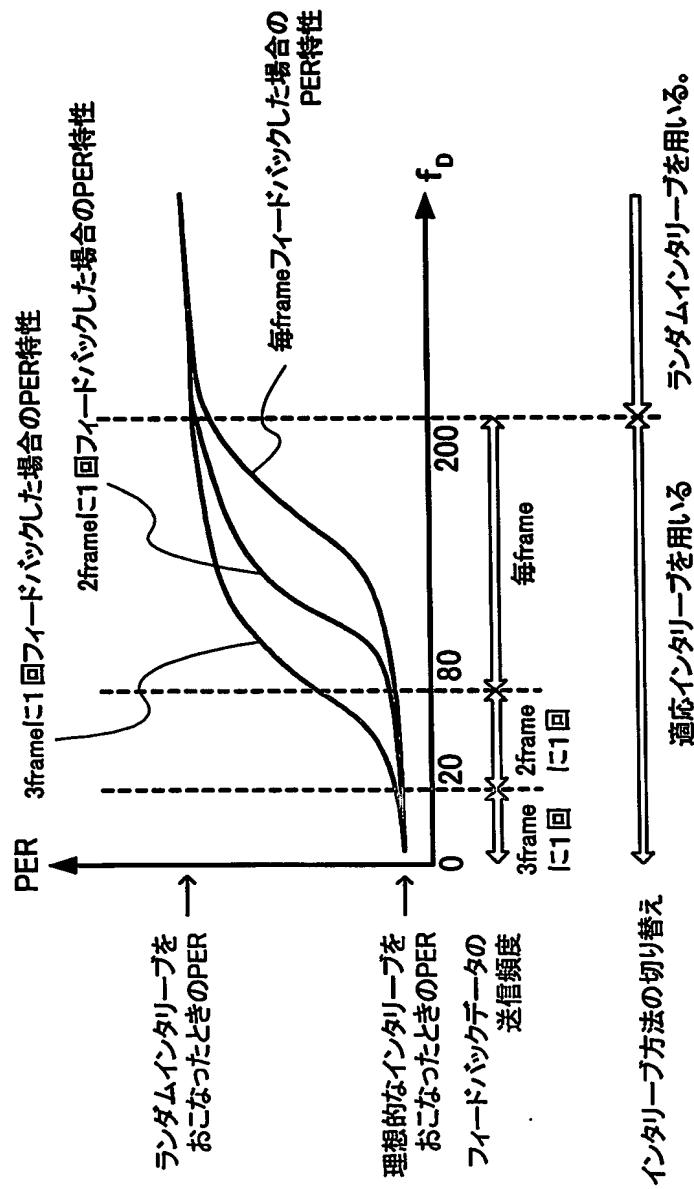
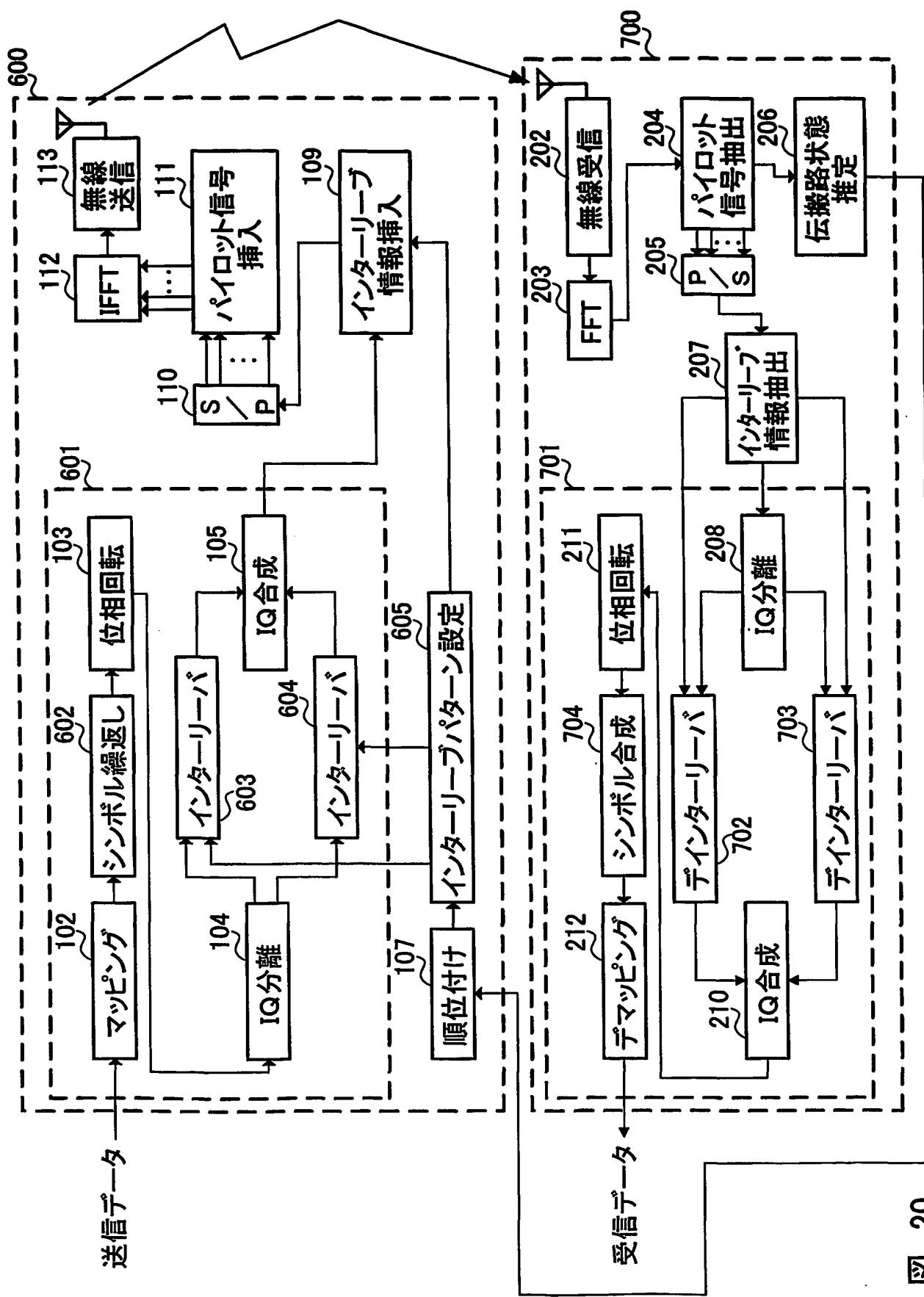


図 19



20/22

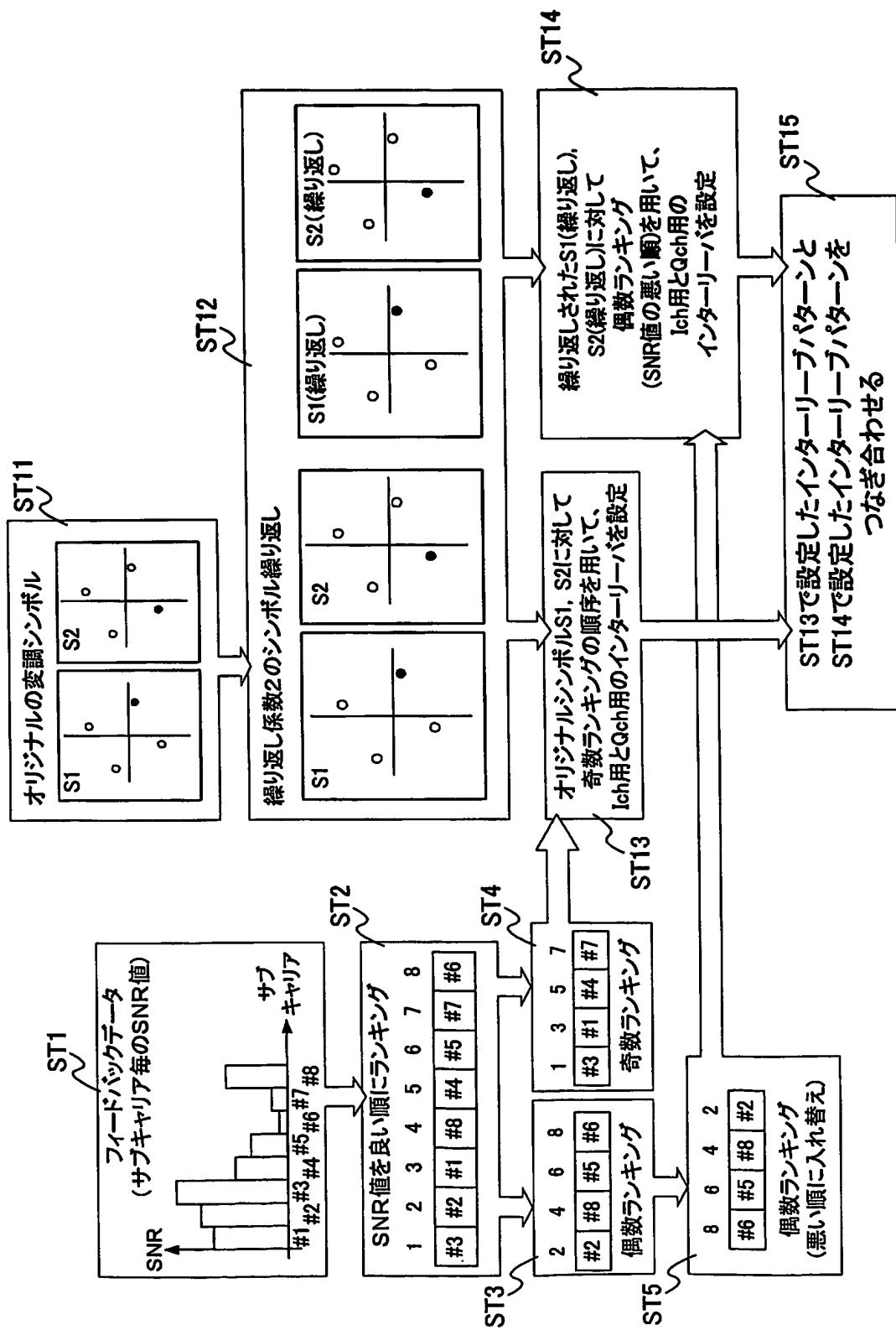


図 21

21/22

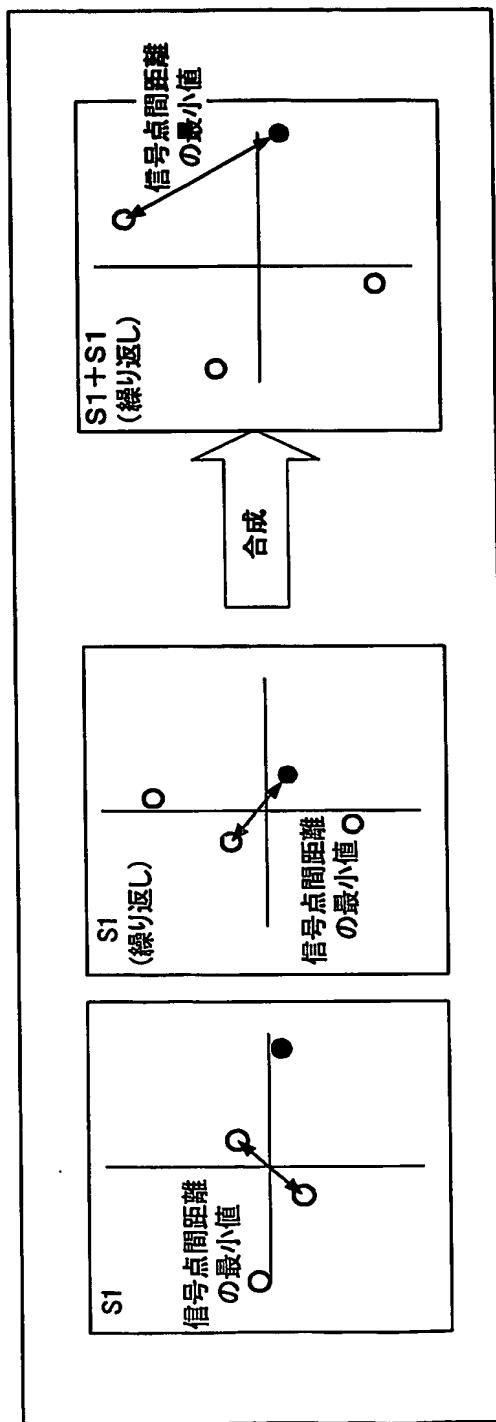


図 22

22/22

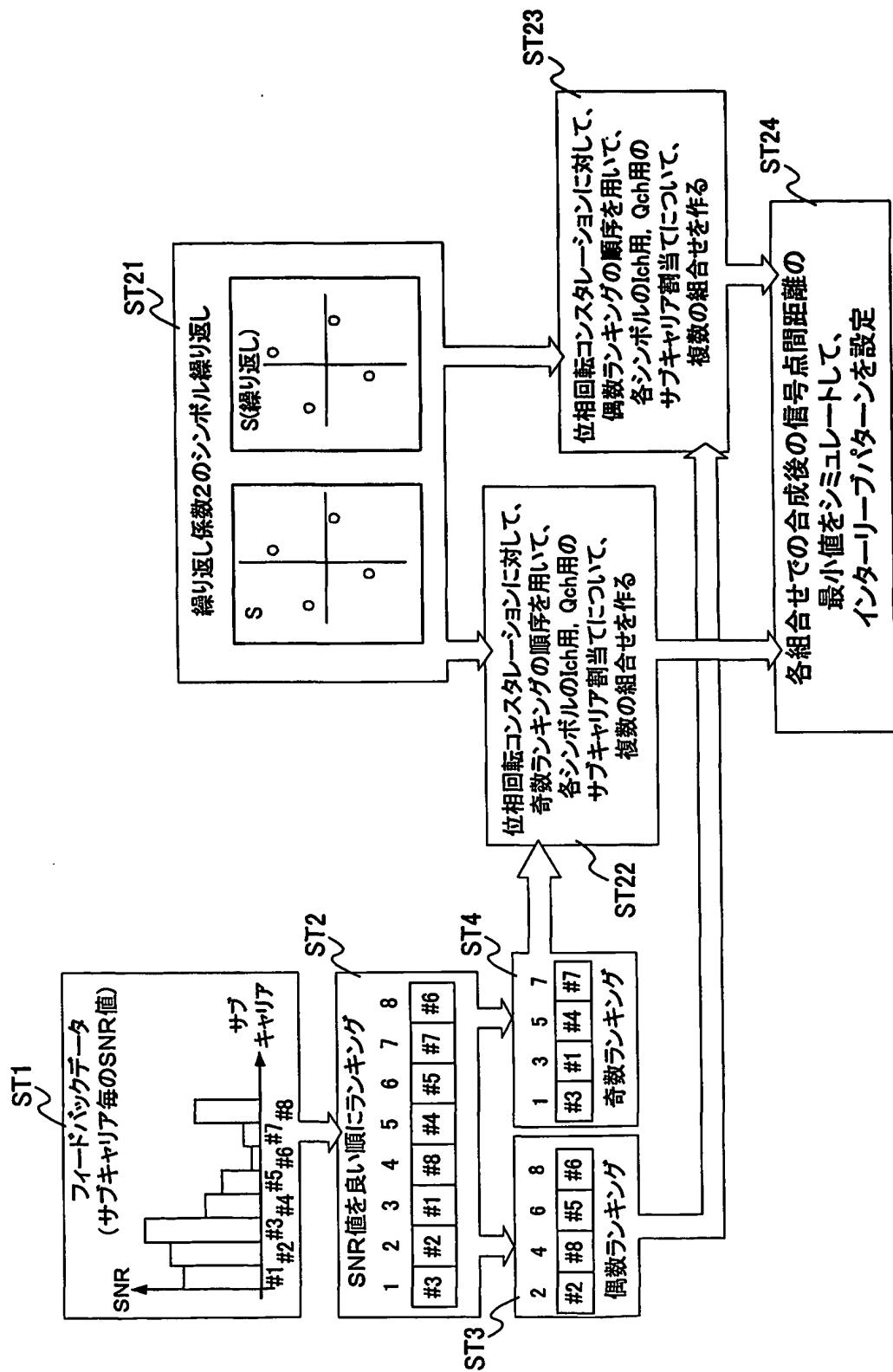


図 23

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/010357

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
Int.Cl<sup>7</sup> H04J11/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
Int.Cl<sup>7</sup> H04J11/00Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched  
Jitsuyo Shinan Koho 1926-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2004  
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2004 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P, X	Susumu FUKUOKA, Isamu YOSHII, Sadaki NIKI, Katsuhiko HIRAMATSU, "OFDM ni Okeru Modulation Diversity Hoshiki no Tekio Interleaver ni Kansuru Kento", 2003 Nen The Institute of Electronics, Information and Communication Engineers Society Taikai Koen Ronbunshu 1, 10 September, 2003 (10.09.03), pages 456	1, 2, 10, 12, 16
Y A	3GPP TSG RAN WG1 #31 R1-030156, "Modulation diversity for OFDM", 21 February, 2003 (21. 02.03)	1, 6, 10, 11, 16 2-5, 7-9, 12-15

 Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family
--	--

Date of the actual completion of the international search  
14 October, 2004 (14.10.04)Date of mailing of the international search report  
02 November, 2004 (02.11.04)Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/010357

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 07-202852 A (PFU Ltd.), 04 August, 1995 (04.08.95), Full text; all drawings & JP 3014261 B2	1, 6, 10, 11, 16 2-5, 7-9, 12-15
Y A	JP 2001-230735 A (Director General of Communications Research Laboratory), 24 August, 2001 (24.08.01), Par. No. [0019] & JP 3567167 B2	1, 10 2-9, 11-16
A	JP 08-223624 A (NEC Corp.), 30 August, 1996 (30.08.96), Full text; all drawings & EP 0727891 A2, B1 & CN 1138257 A & US 5835508 A & KR 216166 B1	1-16
A	Slimane Ben Slimane, "An Improved PSK Scheme for Fading Channels", Global Telecommunications Conference, 1996. GLOBECOM '96. 'Communications: The Key to Global Prosperity, Vol.2, 1996. 11, pages 1276 to 1280	1-16

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））  
Int. C1' H04J11/00

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））  
Int. C1' H04J11/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926年-1996年  
日本国公開実用新案公報 1971年-2004年  
日本国登録実用新案公報 1994年-2004年  
日本国実用新案登録公報 1996年-2004年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
P X	福岡将, 吉井勇, 二木貞樹, 平松勝彦, "OFDMにおけるModulation Diversity方式の適応インタリーバに関する検討", 2003年電子情報通信学会ソサイエティ大会講演論文集1, 2003.09.10, p. 456	1, 2, 10, 12, 16
Y	3GPP TSG RAN WG1 #31 R1-030156, "Modulation diversity for OFDM", 2003.02.21	1, 6, 10, 11, 16
A		2-5, 7-9, 12-15

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

- 「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
- 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
- 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
- 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
- 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

- 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
- 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
- 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
- 「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

14. 10. 2004

国際調査報告の発送日

02.11.2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

高野 洋

5K 9647

電話番号 03-3581-1101 内線 3556

C(続き)、 引用文献の カテゴリー*	関連すると認められる文献 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 07-202852 A (株式会社ピーエフユー), 1995. 08. 04	1, 6, 10, 11, 16
A	全文、全図 & JP 3014261 B2	2-5, 7-9, 12-15
Y	JP 2001-230735 A (総務省通信総合研究所長), 2001. 08. 24	1, 10
A	第0019段落 & JP 3567167 B2	2-9, 11-16
A	JP 08-223624 A (日本電気株式会社), 1996. 08. 30 全文、全図 & EP 0727891 A2, B1 & CN 1138257 A & US 5835508 A & KR 216166 B1	1-16
A	Slimane Ben Slimane, "An Improved PSK Scheme for Fading Channels", Global Telecommunications Conference, 1996. GLOBECOM '96. 'Communications: The Key to Global Prosperity, VOL. 2, 1996. 11, pp. 1276-1280	1-16